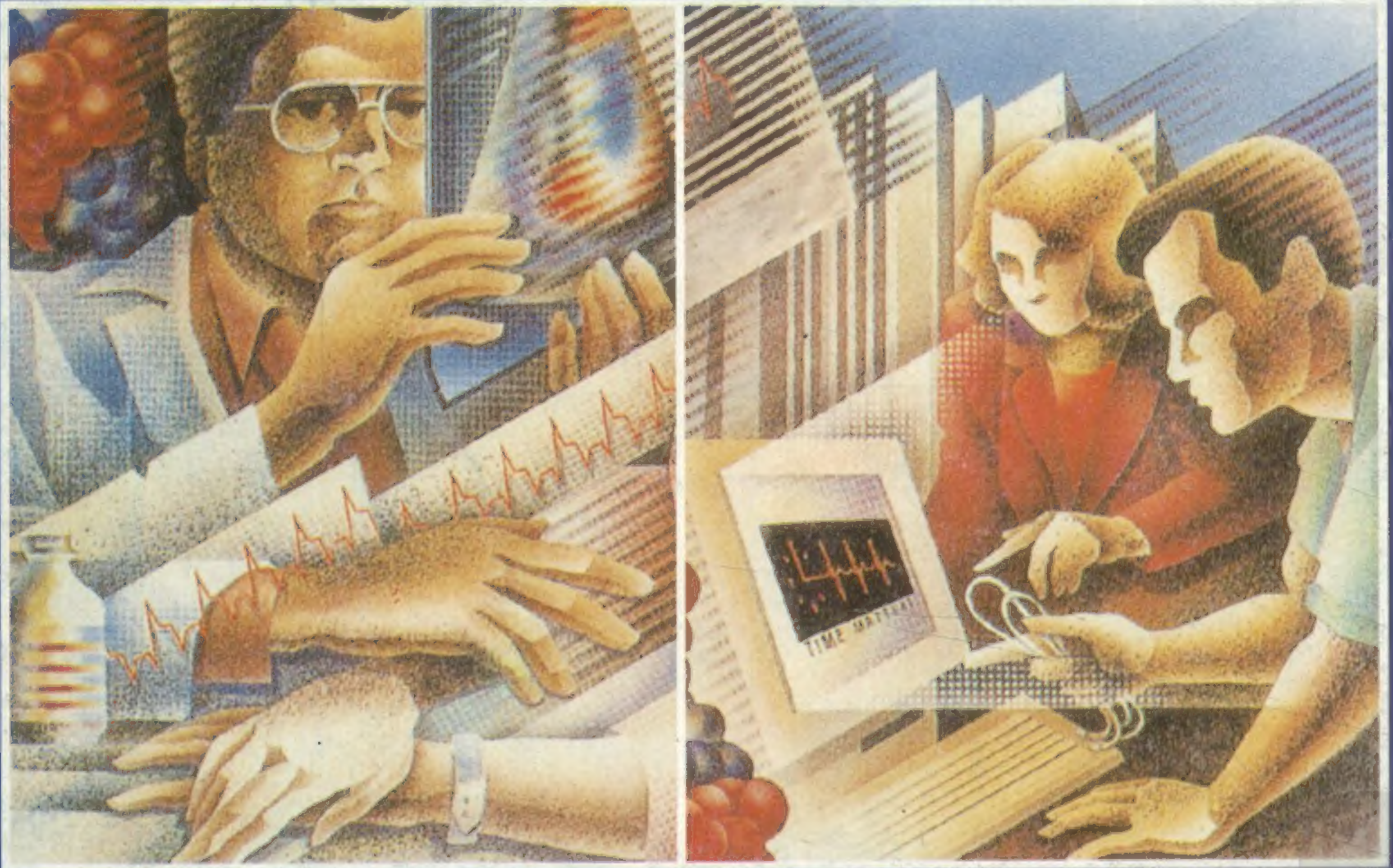


تَعْلَمُ الْعَالَمُ

فِي الْقَرْنِ الْحَادِي وَالْعِشْرِينَ



نخبة من العلماء والمربين
ترجمة: مصطفى إبراهيم فهمي
خاتمة للعالم: ليون ليدرمان
الحائز على جائزة نوبل

تعام العالم
في القرن الحادي والعشرين



الهيئة الاستشارية للدار

أ.د. أحمد شوقي أ.د. أحمد مستجير
أ. شوقي جلال أ.د. مصطفى فهمي

المدير العام : د. فاطمة البودي

تعلم العلم

في القرن الحادي والعشرين

نخبة من العلماء والمربين

ترجمة: مصطفى إبراهيم فهمي

الطبعة الأولى ٢٠٠٤

حقوق الطبع محفوظة

دار العين للنشر

٩٧ كورنيش النيل - روض الفرج

ت فاكس ٤٥٨٠٩٥٥ - ت ٤٥٨٠٣٦٠

E mail : elminco2002@yahoo.com

رقم الإيداع : ٢٠٠٤/١٠٥٠٨

دار العين للنشر



تَعْلَمُ الْعَالَمُ

فِي الْقَرْنِ الْحَادِي وَالْعِشْرِينَ

نخبة من العلماء والمريسين
ترجمة: مصطفى إبراهيم فهمي
خاتمة للعالم: ليون ليدرمان
الحائز على جائزة نوبل



المحتويات

الصفحة

٦	..... مقدمة المترجم
٩	..... تمهيد
١٢	..... مقدمة
	ستيفانى بيس مارشال وجوديث أ. شيلر و مايكل ج. بالميسانو
١٩	..... (١) توسيع الدعوة لدراسة العلم
٢٠	..... فتح أبواب العلم مرجريت ج. جيلر
٣٠	..... النساء ووالفيزياء ، الفيزياء والنساء : أحجية شيللا توبياس
٥٢	..... حالة الثقافتين ملفين شوارتز
٥٧	..... اشعال ثورة تعليمية : مشروع الدراسة المفتوحة في معهد ماسا تشوستس للتكنولوجيا تشارلز م. فست
٦٥	..... (٢) إعادة تشكيل إطار تعليم العلم :
٦٦	..... عن خلق "المزاج العلمى" بروس ألبرتس
٧٣	..... إعادة التفكير فى العلوم الفيزيائية فى البرامج المدرسية رودجر و. بايبي

الصفحة

- ٨٩ عن توحد الطبيعة
ادوارد "روكي" كولب
- ١٠٣ البحث العلمي وطبيعة العلم كسياق له معناه
من أجل تعلم العلم .
نورمان ج. ليدرمان
- ١١٧ في مدح الجسارة : تناول المشاكل الكبيرة
شيرلي م. مالكوم
- ١٢٨ سحر العلم
مايكل س. تيرنر
- ١٣٥ (٣) إعادة تشكيل إطار تدريس العلم
١٣٦ اشرب عميقا وإلا لن تتذوق ينبوع المعرفة :
تأملات في تدريس وتعلم العلم
ستيفن جاي جولد
- ١٤٤ الجامعة كشريك في تحول تعليم العلم
إلنورا هاركومب و نيل لين
- ١٦٠ المستحيل يتطلب وقتا أطول قليلا
دودلي هيرشباخ
- ١٧٨ بيع الفيزياء لمشتريين لا يرغبون فيها :
الفيزياء كحقائق وخيال
لورنس م. كراوس
- ١٨٥ اقتراحان متواضعان بشأن تعلم العلم
جيمس ترينفيل

الصفحة

- ١٩٤ (٤) إدارة العلم
- ١٩٥ مسئولية العلماء الأخلاقية
هوارد جاردن
- ٢٠٧ المسئولية العلمية
والتر إ. ماسي
- ٢١٨ (٥) ما بعد المدارس : فك غموض العلم في السياسة الجماهيرية
- ٢١٩ تعلم العلم ووخيارات المجتمع
ماي س. جيمسون
- بعض ما يثير القلق حالياً : الدفاع الصاروخي او مستقبل القوى النووية ٢٤٢
ومخاطر تسريب مواد الأسلحة النووية في روسيا
ريتشارد ل. جاروين و جورج شارباك
- "الداري" DARI : وحدة قياس مناسبة للتقدير العملي لتأثير الجرعات ٢٥٨
الصغيرة من الإشعاع المؤين .
جورج شارباك و ريتشارد ل. جاروين .
- ٢٧١ بناء فهم الجماهير للعلم : مسألة ثقة .
جوديث أ. رامالي
- ٢٨٨ (٦) وصية ليدرمان عن التعليم
- ٢٨٩ ليون ماكس ليدرمان : سيرة موجزة
ستيفاني بيس مارشال وجوديث أ. شيلر و مايكل ج. بالميسانو
- المشاركات بين العلماء والمعلمين :
أحد العناصر الحيوية في إصلاح تعليم العلم ٢٩٩
مارجوري ج. باردن

الصفحة

٣١٤	..... أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم التزام بالتحول ستيفان بيس مارشال
٣٤٥	..... أكاديمية المدرسين للرياضيات والعلم لوردس مونتيجودو
٣٥٣	..... كلمات تقدير
٣٥٤	مع ليون ليدرمان ، من حدائق المعمل إلى غابات المجتمع ... جورج تشارباك
٣٥٩	..... ليون ليدرمان يبشر هاديا للعلم جورج أ. "جاي" كيويرث II
٣٦٣	..... ليون و (فيرميلاب) وأشياء أخرى ألفين تولستروب
٣٦٦	..... ليون ليدرمان : صديق حقيقى للعلم والتعليم ألفين و. تريفليبس
٣٦٩	..... ختام عقبات فى طريق تعليم العلم الشامل ليون م. ليدرمان
٣٧٧	..... المساهمون

مقدمة المترجم

يُعد هذا الكتاب بالفعل وثيقة تعليمية تتناول بصفة عامة مشاكل تعليم العلوم الأساسية ، أى الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا والرياضة ، كما تتناول بصفة خاصة مشاكل تعليم الفيزياء . والكتاب عندما يتناول هذه المشاكل لا يكتفى بتوصيفها ولكنه يتناول جوهرها وأساسها ، بمعنى أنه يتناول فلسفة تعلم هذه العلوم و الغرض من تعلمها ، والمنهج أو المناهج التى ينبغى اتباعها فى ذلك . ثم يبين الكتاب الطرائق العملية لحل هذه المشاكل ابتداء من الطالب والمدرس ، ثم المدرسة وفصولها ومعاملها وإدارتها ومبانيها ، ووصولاً إلى كبار العلماء ودورهم الذى يفرض عليهم مشاركة الطلبة والمدرسين فى العلم والتعلم . يورد الكتاب العديد من الأمثلة عن الحلول العملية التى تم تنفيذها بالفعل مع تحليلها وتقييمها وذكر وسائل تعديلها وما يلزم من آليات متواصلة لذلك . من ذلك مثلاً أن أغلب الطلبة لا يقبلون على دراسة علم الفيزياء وإن كان جد مهم لتقدم العلم والمجتمع فى أى دولة . والطريقة المثلى لأن يستمتع الطلبة بدراسة الفيزياء ويقبلون عليها العمل على ربط هذا العلم بحياتهم اليومية وبأحداث آخر اكتشافات علمية ، وأن يمارس الطلبة العلم ممارسة عملية مباشرة بأيديهم فى المعمل . كما تترك لهم حرية التساؤل ومحاولة الاجابة عن الأسئلة بأنفسهم بإنشاء التجارب والاختفاء فيها ومراجعة ذلك نقدياً ومعاودة التجربة حتى تنجح . كما أنه ينبغى ان يتشارك الطلبة فى مشروعات البحث معاً ليتعلموا العمل كفريق لأن النشاط الفردى لم يعد الآن ينتج علماً كبيراً مفيداً . وإذا كان رونتجن فى أواخر القرن التاسع عشر قد اكتشف أشعة إكس وهو يعمل وحده فى بدروم منزله ، إلا ان أبحاث الهندسة الوراثية والفيزياء الآن يشارك فيها العشرات من العلماء الذين يعملون معاً فى بحث واحد متكامل ويوقعون جميعاً بأسمائهم على ما ينشر من أوراق علمية عن البحث .

أحد الأمثلة الأخرى لمشاكل تعليم العلم هو أن هناك شكوى حتى في الولايات المتحدة من أن المناهج تؤدي إلى التركيز على تلقين المعلومات ليحفظها الطالب ليؤدي بها الامتحان . في حين أنه حتى يرتقى تعلم العلم يجب أن يتعلم الطالب كيف يستخرج المعلومات بنفسه من الممارسة العملية والنقاش الحر . وينبغي أن يربى في الطالب ملكات النقد والشك والقدرة على إصدار القرار بنفسه سواء في المشاكل العلمية إن كان سيتخذ العلم مهنة ، أو حتى في حياته العادية اليومية إن كان لن يتخصص في العلم . ومن المهم أن يتخرج الطالب من مرحلة التعليم الأساسي وقد أصبحت لديه القدرة على أن يواصل تعلم العلم بنفسه طول حياته وليس في المعاهد العلمية فقط . والمقصود هنا بالطبع الإمام بالتقافة العلمية وليس القيام بدراسة العلم الخالص .

يتحدث الكتاب أيضا عن تجربة رائدة رائعة أفادت أبلغ فائدة في تعلم العلوم ، وهي نزول كبار العلماء بأنفسهم ، وعلى نحو منتظم منهجي ، إلى المدارس الابتدائية والثانوية حيث يعايشون الطلبة ويشاركونهم ويناقشونهم في دروسهم العلمية النظرية والعملية . ويرتبون لهم جولات وندوات دراسية في المؤسسات العلمية الكبرى كمعامل معجلات الجسيمات والمرصد الفلكية، ومعاهد البحوث عامة. ثم هناك المدرسون أيضا الذين يجب أن ينالوا حظهم أيضا من التنقيف في العلوم الأساسية وتحديث معلوماتهم عنها حيث تتقدم هذه العلوم بسرعة مذهلة . هذا وهناك معاناة على نطاق العالم كله من قلة عدد مدرسي العلوم الأساسية المؤهلين لتدريس هذه العلوم ، حتى أنه يعهد أحيانا إلى مدرسي الألعاب الرياضية بتدريس الحساب والجبر مثلا في بعض المدارس القصية أو المهملة في الولايات المتحدة !

ألف الكتاب نخبة من العلماء حاز العديد منهم جائزة نوبل وكذلك نخبة من رجال التربية والتعليم المرموقين لأبحاثهم ، وكلهم تقريبا من

الولايات المتحدة . وبالتالي فإنهم يتناولون مشاكل تعلم العلوم فى بلادهم ، ولكنهم يتناولون هذه المشاكل من جذورها المنهجية الأساسية بحيث يصلح تطبيق ما يذكرونه على مشاكل التعليم فى أى دولة من العالم . وهكذا نجد أن دولا نامية كالهند والصين ودولا متقدمة مثل فرنسا ، قد طبقت الكثير من المناهج الواردة فى الكتاب فى بلادها ، مع إجراء التعديلات المناسبة للظروف المحلية لكل بلد . وقد صدر الكتاب فى مناسبة عيد الميلاد الثمانين للعالم الفيزيائى ليون ليدرمان الحائز على جائزة نوبل فى فيزياء الجسيمات تحت الذرية . ولم يكتف هذا العالم الكبير بأن يوجه ماله من عبقرية للأبحاث العلمية ، ولكنه وجهها أيضا إلى بذل جهود رائعة فى العمل على الارتقاء بتعليم العلم ، ووضع لذلك نظريات طبقها عمليا فيما أنشأه من برامج تدريسية ومعاهد ألحقها بمعجل فيرمى الذى يعمل فيه ، وهو أحد أكبر معجلات الجسيمات فى الولايات المتحدة . وقد أنشأ هذه البرامج والمعاهد لتدريب الطلبة هم والمدرسين على العلوم الأساسية ، وكذلك لتدريب العلماء أنفسهم على تدريس هذه العلوم، وحشد لذلك عشرات من العلماء والباحثين فى معمل فيرمى. ومؤلفو هذا الكتاب حين كرسوه لتكريم ليدرمان لم يلجأوا فى ذلك إلى تمجيده بأكاليل الغار وقلائد المدح ، فلا يوجد فى الكتاب من ذلك إلا أقل القليل ، وإنما مجدوا الرجل بتأصيل نظرياته فى تعليم العلم وتقييم تطبيقاتها إن إيجابا أو سلبا بحيث أصبح الكتاب بالفعل وثيقة شاملة لتعليم العلم لاغنى عنها لأى دولة ترغب حقا فى أن يرتقى فيها تعلم العلم .

د. مصطفى إبراهيم فهمى

تمهيد

يتكون كتاب " تعلم العلم فى القرن الحادى والعشرين " من مجموعة فريدة من المقالات كتبت بها مجموعة من المرموقين من الباحثين ورجال التعليم والعلماء احتفاء وتمجيذا للدكتور ليون ماكس ليدرمان . ظل ليدرمان لزمنا طويل نصيرا متحمسا لتعليم العلم ويتحدى رجال التعليم والطلبة والعلماء وواضعى السياسات لإحداث تغيير ثورى على أقصى مستوى يؤسس لهذا الهدف . ونحن من خلال مقالات هذا الكتاب المستفزة نحس جميعا بأن هناك تحديا يواجهنا حتى نفكر فى الطرائق لإحداث تحول فى نظامنا التعليمى الحالى فيما يختص بالعلم وظروف التعليم والتدريس حتى ننمى مجتمعا أكثر تعلما من الناحية العلمية .

التنظيم

دعى المؤلفون المساهمون فى الكتاب إلى تناول قضايا تعلم العلم مثل قضية ما هو العلم الذى ينبغى أن يعرفه كل فرد وبأى قدر يكون ذلك؟ كيف ينبغى أن يكون تعليم العلم وممارسته؟ كيف نعد مدرسى العلم؟ ثم هناك العلم كمسعى بشرى . وقد كتب المؤلفون هكذا فى موضوع يتحمسون له . وطبيعى أن تتركز المقالات حول قضايا خطيرة عن إتاحة الوصول وإتاحة الفرص ، وإعادة تشكيل أطر التعليم والتدريس، وشئون الإدارة ، والسياسة الجماهيرية . ونحن ندعو القارئ لاستكشاف هذه القضايا من خلال أصوات العلماء والباحثين ورجال التعليم الذين أسهموا فى هذا الكتاب .

الجزء الأول " توسيع الدعوة لدراسة العلم " يتناول الحاجة للتأكيد على أن يكون تعليم العلم على أسس متينة أمرا متاحا ويمكن أن يتوصل إليه كل الأفراد. ولا يقتصر الأمر على وجود الحاجة إلى المعرفة العملية وإنما هناك أيضا حاجة إلى وجوب دعوة المزيد من الطلبة لدراسة العلم ، خاصة

أولئك الطلبة من الفئات التى تقل تقليديا الأعداد الممثلة لها فى دراسة العلوم. ونجد فى الجزئين ٢ و ٣ ، وهما "إعادة تشكيل إطار تعليم العلم" و "إعادة تشكيل إطار تدريس العلم" ، أن هناك طرحا للأفكار تجعل العلم الذى يدرس أمرا له معناه الأكبر عند دارسيه . وإذا كان "ما الذى" يدرس أمرا مهما ، فسنجد أيضا أن كيفية تدريس العلم هى التى تحدد ما سيكون عليه الطلبة فى المستقبل من اهتمام بالعلم ونجاح فيه . ويتناول الجزء الرابع ، "الشئون الإدارية للعلم" . وفى الجزء الخامس " ما بعد المدارس ؛ فك غموض العلم فى السياسة الجماهيرية " يتم تناول قضية فهم الجمهور للعلم والتأكيد على أن مسئولية تعلم العلم لا تكمن فحسب فى نظامنا التعليمى إنما تكمن أيضا فى علمائنا وصناع سياساتنا .

يوفر لنا الجزء السادس ، وهو "وصية ليدرمان عن التعليم" نظرة خاطفة على ثلاثة مشروعات تعليمية مختلفة جداً وموجودة حالياً ، ويرجع وجودها إلى حد كبير إلى ما لدى ليون ليدرمان من رؤية وإصرار ونفوذ، وتتضح بصمته الدامغة التى لا تمحى فى هذه المؤسسات التى تهدف لتقدم تعلم العلم . وتشكل هذه الكيانات التعليمية نماذج للمقاييس المهمة لتحسين التعلم العلمى : بإتاحة الوصول ، والدعوة، والتدريس والتعليم التحولى ، والشئون الإدارية، والعناية بالسياسة الجماهيرية .

تم التفكير فى كتاب " تعلم العلم فى القرن الحادى والعشرين" كهدية عيد ميلاد مفاجئة لليون ليدرمان فى ميد ميلاده الثمانين . وتأمرت علينا جداول الأعمال المشحونة والعاملين بالنشر بحيث أنه على الرغم من الانتهاء من مخطوطة الكتاب قبل الاحتفال بعيد ميلاد ليون بزمن له قدره إلا أن الكتاب لم يصبح جاهزا بالفعل فى شكله المطبوع إلا بعد الاحتفال بشهور عديدة . وعلى أن هذا ، مصحوبا بمرونة دار كتب بروميثيوس ، أتاح لنا الفرصة لأن نضيف كلمة نهائية فى الكتاب ، هى كلمة من ليون

ليدرمان نفسه ، الذى يتحدث بكل فصاحة وحماس عن الحاجة إلى جمهور متعلم علميا . وإذا كان يبدو غريبا بعض الشيء أن نطلب من الرجل أن يساهم فى هدية له هو نفسه ، إلا أن اهداء هذا الكتاب لقرائه ولمجتمعنا كان سيبدو ناقصا من غير حكمة ليون وروحه الفكاهة . سيجد القارئ أيضا خلال الكتاب كله بعض رسوم فيها نزوات شكلها ليون ليدرمان من أجل أحاديثه الكثيرة لدعم تعلم العلم .

((شكر))

نود أن نشكر المؤلفين الذين ساهموا فى الكتاب لما منحوه من وقت وخبرة . وهم حقا بعض من قمم قواد العلم فى زمننا ، ومع ذلك فقد قدموا لنا بسخاء حكمتهم وتبصراتهم .

لا يمكن إنجاز كتاب بهذا الحجم دون مساعدة من أفراد كثيرين . ونود أولاً أن نشكر دنيس كوينك وكاثى ثوليس لمساعدتهما بخبرتهما . ونود أن نشكر من العاملين فى دار كتب بروميثيوس محررة التنفيذ لنذا جرينسبان ريجان ، ومحررة الإنتاج كريستين كرامر ، والمخرجة الفنية جاكلين كوك، وذلك لصبرهن فى مساعدتنا.

ستيفانى بيس مارشال
جوديث أ. شيلر
مايكل ج. بالميسانو

مقدمة

ستيفانى بيس مارشال ،

و جوديث أ. شيلر ،

و مايكل د. بالميسانو

يتقدم العلم فى القرن الحادى والعشرين بسرعة تسبق على نحو متزايد نمو الحكمة اللازمة لاستخدام المعرفة المكتشفة حديثا من أجل خير الجماهير واستدامة كرتنا الأرضية . ويثير هذا أسئلة خطيرة بشأن التهمات العلمية الأساسية لكل المواطنين . فالأمن القومى ، والحيوية الاقتصادية وصحة ورفاه العائلات والمجتمعات ، كلها أمور تتطلب تفهما للعلم بمستويات تتزايد عمقا . هل يمكن للتعليم العام أن يعزز مبدءا تعلم العلم للجميع ؟

ومع أنه قد نتج عن اصلاحات التعليم فى العقد الماضى نتائج متضايقة، إلا أن ما وعدت به هذه الإصلاحات من التأكيد على أن كل الطلبة سيكتسبون ما هو ضرورى من المعرفة والمهارات لهو وعد أبعد من أن يكون قد تحقق . وقد تبين أن أداء طلبة الولايات المتحدة حسب التقييمات الدولية عن معارف العلم ومهاراته لهو أداء مخيب للأمال وغير مقبول . ويعجز الطلاب فى أعداد تزيد عما ينبغى عن الإيفاء بالتوقعات المحددة حسب مقاييس تعلم العلم فى الولاية وفى الدولة ، ويزيد الطلبة الذين لا يفون بهذه المقاييس بين طلبة الأقليات والطلبة الفقراء بأعداد فيها عدم تناسب هائل.

يضيف إلى هذه المشكلة ، أن المؤشرات الحالية للإنجاز والنجاح -
تقييمات الولاية ، وامتحانات المرجعية المعيارية^(٩) ، واختبارات القبول
بالكليات - كلها مقاييس غير وافية لتعلم العلم . ففي حين أنها كلها تؤكد
على اكتساب محتوى المعارف والمهارات ، إلا أنها لا تعطي إلا أقل إعتبار
لتوليد المعرفة ، وتقييم المعلومات ، والتطبيقات الأخلاقية للمعرفة على
مشاكل وقضايا العالم الواقعي . كما لا يوجد أيضا تقدير للأبحاث
والاستكشافات الضرورية للعلم . بل سنجد حتى بالنسبة للطلبة الذين
يحسنون الأداء حسب المقاييس الجارية للإنجاز ويستمررون حتى الحصول
على الدرجات الجامعية، سنجد أدلة متزايدة تطرح أنهم يتخرجون وتفكيرهم
يضرِب بجذوره فيما هو ساذج من الأفكار الخاطئة عن العالم الطبيعي
(سنييز وسادلر ١٩٨٧ ، جارديز ١٩٩١ ؛ بركنز ١٩٩٢) .

هناك خلاف كبير على ما يكونه العلم الذي ينبغي أن يعرفه كل فرد
وبأى مقدار يكون ذلك . وتحتشد برامج دراسة العلم بالحقائق والمعلومات
ولكنها كثيرا ما تهمل الحاجة لتربية القدرة على تقييم المعلومات وتطبيقها .
ويُضحى بتربية الفضول ونزعة البحث الشاك اللازمين لصياغة العقل علميا
وذلك في سبيل نوع من فهم سطحي عريض . تساق المناهج الدراسية في
كتب دراسية كثيرا ما ينقصها التحديث والعمق والتركيز والفاعلية والدقة .
وتذكر "الدراسة الدولية الثالثة للرياضيات والعلوم" أن الكتب المدرسية تتميز
بأنها "لها عرض ميل وعمق بوصة" (المجلس القومي للبحوث ١٩٩٦) .
بل ونجد حتى أن تأثير اصلاحات الولايات والاصلاحات القومية يقتصر
على إضافة المزيد من المحتوى للموضوعات التقليدية ، وهكذا تزداد
المشكلة تعقيدا وتقل فرصة المشاركة في استكشاف العلم .

(٩) المرجعية المعيارية هي مقارنة الطالب بمتوسط بما يكون عليه نظراته في إحدى

المواد. (المترجم)

تتفاقم مشكلة إنجاز الطالب نتيجة قضايا نقص المدرسين ونوعيتهم. وتظل لدينا مشكلة بلا حل ، هي ما يوجد من حاجة طال بها الزمن لزيادة عدد مدرسي العلم المؤهلين جيداً . ويتلقى ما يزيد عن ثلث طلبة أمريكا دروس العلوم بواسطة مدرسين لا يفون بالحد الأدنى من الشهادات اللازمة . ويكون الوضع أسوأ في مدارس حضرية وريفية كثيراً ما يحدث فيها أن يتلقى الطلبة الفقراء وطلبة الأقليات دروس الرياضيات والعلم بواسطة مدرسين أقل تأهيلاً . وبالإضافة فإنه يحدث ببساطة أن خطوط ضخ المدرسين لا يوجد بها أعداد من طلبة العلم تكفي لتوفير الطلب على مدرسي العلم المؤهلين.

هناك دعوة لتنفيذ إجراءات لزيادة تعلم العلم ، ذكرت على أحسن وجه في تقرير للأمة من اللجنة القومية لتدريس الرياضيات والعلم في القرن الحادي والعشرين "حيث يقول :

"وباختصار ، فإن أطفالنا يفقدون القدرة على الاستجابة ليس فحسب للتحديات التي تواجههم بالفعل في القرن الحادي والعشرين، بل ويفقدون أيضاً القدرة على الاستجابة لمكانات القرن . وقد فشلنا في أن نوجه اهتمام شبابنا إلى الأفكار العلمية والرياضية . ونحن لا نعلمهم بمستوى الكفاءة الذي سيحتاجونه ليعيشوا حياتهم وليشتغلوا في أعمالهم بطريقة انتاجية . ولعل أسوأ ما في الأمر، أننا لا نتحدى خيالاتهم تحدياً فيه العمق الكافي".^(١)

ونحن نطرح السؤالين التاليين من خلال هذا السياق : "إذا كان أي شيء قابل للتخيل أمراً ممكناً ، وإذا لم يكن هناك قيود من أي نوع، (١) فماذا يتطلب الأمر بالنسبة لكل الطلبة حتى يكتسبوا قاعدة قوية من المحتوى

المعرفى ومن المهارات، المهارات لاكتساب وتوليد معرفة جديدة،
والمهارات لتقييم وتطبيق المعرفة فى القضايا الأكاديمية وقضايا العالم
الواقعى ؟ (٢) ماذا يتطلب الأمر لإعادة إلهاب الفضول النظرى للطلبة
ولتغذية نزوعهم للاستشكاف والاكتشاف ؟ *

حتى يكتسب الطلبة هذه القدرات ، سيحتاج صناع السياسة ، ورجال
التعليم ، والعلماء ، والجمهور العام إلى الإلتزام بالنهوض بنتائج التعليم التى
ترعى الفهم العميق والمهارات والنزوعات اللازمة لصياغة العقل العلمى.
ويجب إعادة تشكيل إطار ما يسود من تأكيد على أكتساب المعرفة بطريقة
سلبية ، وكذلك التنافس بين الدارسين . فيجب إدراك التعليم على أنه فعل
إيجابى إرادى يدعمه التحدى ويحبطه التهديد . ويجب إعطاء الأولوية لفهم
فيه تصور عميق للأفكار المهمة ، وللقدرة على تمثيل المعرفة ، وعلى
التفكير التكاملى. ويحتاج الطلبة إلى أن تكون لهم ممارسات مباشرة بالبحث
والاستدلال ، والتجريب ، وجمع البيانات ، والتحليل ، والتثبت من الحقيقة .
وهم يحتاجون إلى ممارسة التعلم بمناهج العلوم البيئية وتطبيق المعرفة على
مواقف العالم الواقعى بحيث يصلوا إلى فهم أنفسهم ، وعالمهم ، وموضعهم
فيه . وباختصار ، سوف تحتاج المدارس إلى أن تغير تغيرا أساسيا من
الطريقة التى يشارك بها الطلبة والمدرسون فى العلم ، ويشاركون بها أحدهم
مع الآخر حتى يبنى كل الطلبة الأساس لفهم العلم بحيث يخدمهم كدارسين ،
وقادة ، وعمال ، ومواطنين - بصرف النظر عما تكونه خياراتهم لحياتهم
فى المستقبل.

سوف تتغير طريقة العمل المدرسى عندما يفهم ويدعم الجمهور
وصناع السياسة والمعلمون الحاجة إلى العناية بالصياغة العلمية لعقول كل
الطلبة . وحسب كلمات ليون ليدرمان نفسه :

”إننا نعيش فى زمن يتغير فيه عالمنا تغيرا عميقا. لقد حدث بعد ١١ سبتمبر ٢٠٠١ أن اتخذت انشطتنا العادية معنى جديدا وأهمية جديدة . وأحد هذه الأنشطة يجرى تحت باب التعليم العريض . إن عالمنا يُساق بالتغير العلمى والتكنولوجى . ونحن جميعا نعرف أحسن المعرفة إسهامات العلم الأساسية فى مجتمعنا - النمو الاقتصادى ، والنقل ، والاتصالات ، والتغذية ، والصحة ووسائل الترفيه ، والسهولة التى تتاح بها المعلومات . ويقدر صناع السياسة هم والمواطنون هذه الإسهامات ، ولكن هل هم يفهمون أن العلم يبدأ بالتجربة والخطأ ، وبإشراك الموهوبين من الشباب الذين نالوا ميزة التعليم الجيد وميزة توافر بنية تحتية تطلبت أجيالا لبنائها؟ هل هم - أو هل حقا جمهور المتعلمين بما فيه العلماء، ووسائل الإعلام ، وصناع السياسة - متبهبون للتأثير المعقد للمعرفة والابتكارات الجديدين ، والتى كثيرا ما تكون نتائجها غير متوقعة بل ومربكة فى توجيهاتها؟“^(٢)

تتطلب الديمقراطيات والمجتمع الكوكبى وجود مواطنين متعلمين علميا. لقد ووجه مؤلفوا هذا الكتاب من علماء وباحثين ورجال تعليم بتحدى يطالبهم بأن يستثيروا تفكيرنا . وهم يتناولون حاجتنا لأن نزيد إتاحة وصول كل الطلبة للدراسة العلمية وأن نزيد لهم من فرصها .. وهم يتلمسون السبل لما نحتاجه لإعادة تشكيل إطار برنامج دراسة العلم وطريقم تعليم العلم . وهم يتناولون الحاجة لتنظيم الشؤون الإدارية العلمية ولتضمينات السياسة العامة فيما يتعلق بتعلم العلم . وهم يوصفون المؤسسات التعليمية التى ألهم بها ورعاها ليون ليدرمان ورويته بأن يكون تعلم العلم للجميع .

وهم معا يحتضنون العلم كمسعى بشري ويفهمون العلم كضرورة بشرية .

الهوامش :

(١) وزارة التعليم بالولايات المتحدة ، اللجنة القومية لتدريس الرياضيات والعلم فى القرن الحادى والعشرين ، " قبل أن يتأخر الأمر بأكثر مما ينبغى " (واشنطن العاصمة : مكتب طباعة حكومة الولايات المتحدة ٢٠٠٠) .

(٢) تصريح للصحافة صرح به ليون ليدرمان فى ١٤ نوفمبر ٢٠٠١ ، عند اصدار كتاب " صور لعلماء أمريكيين " ألفه طلبة اكاديمية إلينوى للرياضيات والعلوم وحرره ليون م. ليدرمان وجوديث أ. شيبلى .

المراجع :

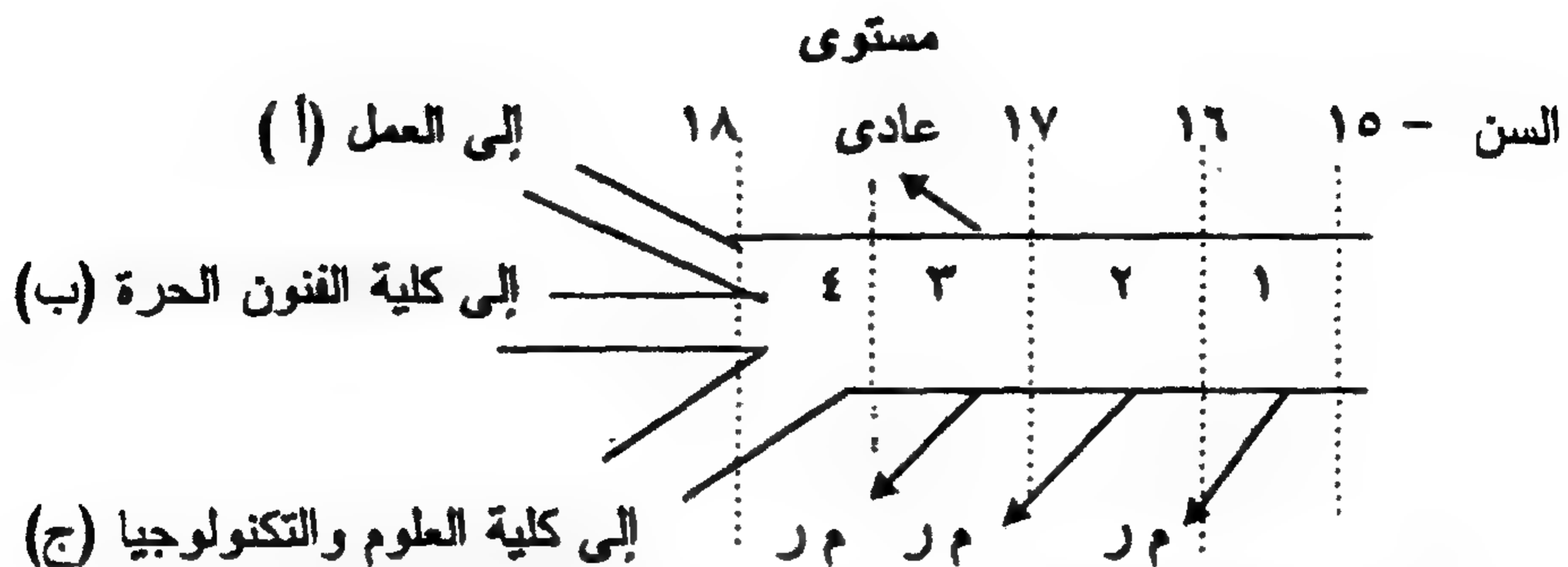
Bass, H., Jane B. Kahle, et al. Mathematics and Science Education Around the World: What Can We Learn from the Survey of Mathematics and Science Opportunities (SMSO) and the Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) ? Washington, D.C.: National Academy Press, 1996.

Gardner, Howard. The Unschooled Mind: How Children Think and How Schools Should Teach. New York: Basic Books, Inc., 1991.

Perkins, D. M. Smart Schools: From Training Memories to Educating Minds. New York: The Free Press, 1992.

Schneps, M. H., and P. M. Sadler. A Private Universe. South Burlington, Vt.: Annenberg/Corporation for Public Broadcasting Multimedia, 1987.

تصميم المدرسة الثانوية الجديدة البرنامج لكل الطلبة



في السنوات الثانية والثالثة والرابعة يستطيع الفرد أن يتبع التالي :

أ - المدرسة - إلى العمل : كمبيوترات ، تكنولوجيا

ب - العلم والمجتمع

مستوى رفيع (م ر)

ج - فيزياء ، كيمياء ، بيولوجيا

علم الأرض ، الفضاء ، معامل على أساس مشروعات

الهدف : خريجون منسجمون مع العلم والتكنولوجيا

ويستطيعون أن يكونوا على المستوى في العالم المتغير لما بعد ٢٠٠٠

الأمل هو بث الطاقة في العلوم الاجتماعية والإنسانيات . وأن تكون هناك دورات تعليمية مشتركة وأن ينفذ ما هو لازم لإغلاق الفجوة ما بين الثقافتين عند الجيل "الصاعد"



المفكرة الخفية
خبرة المدرسة الثانوية
(ربما ٨ - ١٤)
التي تعلم وحدة كل
المعرفة : "التوافق"

الجزء الأول

توسيع الدعوة

لدراسة العلم

فتح

أبواب العلم

مارجريت ج. جيلر

تولت مؤسسة فورد في ١٩٩٥ رعاية سلسلة من المحاضرات العامة عن العلم . و إلى جانب المحاضرات التي أقيمت في شارع ٢٢ واى فى نيويورك كان المنظمون يطلبون من كل متحدث أن يتناول العشاء مع مجموعة كبيرة من طلبة المدارس الثانوية الذين يدرسون برامج للرياضة والعلوم يرعاها مجلس المدينة رعاية خاصة، وأن يجرى المتحدث لقاءاً إذاعياً في أقدم محطة راديو فى الولايات المتحدة، وهي محطة WNYC . كان أول طلب عمل قدمته يوم المحاضر هو طلب الحصول على كعك 'باجل' النيويوركى الأصلي ؛ ذلك أن مذاقه و قوامه يختلفان تماماً عما فى أى مكان آخر . أخذت كعكة الباجل فى يدي ، وذهبت إلى ستوديوهات WNYC قرب قاعة مجلس المدينة . وكان الشارع حول قاعة المجلس مليئاً بالمتظاهرين . كان مجلس المدينة فى ذلك اليوم قد أعلن عن تخفيضات فى ميزانية التعليم . وارتدى الطلبة والمدرسون وغيرهم من المواطنين المهتمين بالأمر شرائط سوداء حدادا على الخسائر .

أجرى ليونارد لوبيت مقابلة معى فى برنامجه بمحطة WNYC، واسمه " نيويورك والصحبة" . وأخذ ببراعته الفائقة كمضيف يوجه حوارنا بسلسلة حول الكون ابتداء من تخطيط إطار لنموذج الانفجار الكبير الساخن ووصولاً إلى قصة أبحاثى الخاصة التى ترسم خريطة لتوزيع المجرات عبر مسافات من مئات الملايين من السنوات الضوئية . وأثناء فاصل راحة سألتنى إن كان هناك أى شئ قد أغفل ذكره . وطرحت عليه أن يسألنى عن التعليم .

سألنى لوبيت على الهواء لماذا أهتم بحماس بالغ هكذا بالتعليم العام فى مدينة نيويورك فى حين أن حياتى " بعيدة تماماً عنه حيث أنى أتيت من "عائلة من العلماء". وأجبت بأن لى صلة قوية بذلك لأن أبى درس فى مدرسة ستيفسانت الثانوية التى تتبع مجلس نيويورك . وتعليمه فى ستيفسانت كان أساس نجاحه فيما بعد كعالم . وواصلت القول بأنى قلقة من تخفيض ميزانية التعليم العام أكثر من قلقى بشأن القيود المفروضة على ميزانية البحث العلمى . إن العلم نظرة للأمام. وإذا لم يحدث الآن استثمار قوى خلاق يفتح الأبواب لأوجه مستقبل مهنى إبداعى لكل الشباب (بما فى ذلك المستقبل المهنى فى العلم) فسنجد أن البحث العلمى كما نعرفه لن يستمر طويلاً فى المستقبل . ورد لوبيت بأن زملائى فى العلم قد لا يسعدهم أنى أضع التعليم فوق البحث كأولوية فى التمويل العام . وأجبت بأن الولايات المتحدة بلا ريب غنية بما يكفى لتحمل تكلفة الأمرين معا .

كرس ليون ليدرمان سنوات كثيرة للاستيثاق من أن الولايات المتحدة تستطيع ان تتحمل معا تكلفة وجود تعليم ممتاز وكذلك أن تكون قائدة البحث العلمى . وحياته المهنية مثل لتحمل تكلفة الاثنين معا : فإسهامات ليدرمان فى التعليم العام تساوى فى عظمتها إسهاماته فى العلم . وكما أدرك ليدرمان أحسن الإدراك ، فإنه بالنسبة للشباب الذين يريدون أن يصبحوا علماء ، وخاصة علماء فى الفيزياء ، يتم تقريباً تشكيلهم فى قالب للصب عند الوقت الذى يتخرج فيه الطلبة من المدرسة الثانوية . وكثيراً ما نجد أن الطلبة المتخرجين من المدارس الثانوية الأفضل يكون مرانهم فى الرياضة ولغة العلم أقوى كثيراً . كما أن الطلبة الذين يتخرجون من مدارس ثانوية ضعيفة فى الرياضيات والعلوم كثيراً ما يكونون على وعى بهذا الضعف . وربما يحدث فى بعض من الكليات والجامعات التى تريد فيها نزع التناقص أن تؤدى بعض أمور هينة عن غير قصد إلى تقوية هذه المشاعر بعدم الكفاءة . وقد يعلق بعض الطلبة الذين حسن اعدادهم قائلين : "أنا درست هذه الأشياء

فى المدرسة الثانوية . ألم تدرسها أنت ؟' أو يعلق أحد المعلمين قائلا ، ' هذه أشياء ينبغى أن تكونوا قد عرفتوها فى المدرسة الثانوية " . وهذه الإشارات عن الإعداد " المنحط " تحبط بعض الطلبة الذين لولا ذلك لاستمروا فى دراسة العلم كما أنها تشكل عقبة هامة بالنسبة لآخرين . أخبرنى العديد من الطلبة المتمكنين على نحو مرموق ممن حضروا مقررى التمهيدى عن الفلك/الفيزياء أنهم يسمعون تعليقات من طلبة آخرين ومن كلية الرياضيات والعلوم الفيزيائية ، تعليقات تجعلهم يحسون بأنهم معوقون لمجرد أنهم لم يتخرجوا من مدرسة ثانوية مرموقة . وأستطيع أن أشهد فيما يتعلق بهؤلاء الطلبة بأن شعورهم بعدم الكفاءة لم يكن مما يتطابق مطلقا مع قدراتهم ، إلا أنه كان من المستحيل إقناعهم بأن ذلك الباب الذى يبدو مغلقا هو فى الواقع مفتوح . فكانوا يتساءلون ، لماذا يتابعون العمل فى هذه المجالات بينما هناك مجالات أخرى يحسون فيها بالترحيب بهم ؟

ترتبط جودة المدارس الثانوية ارتباطا محكما بالمستوى الاقتصادى لمنطقة المدرسة . وتبين الدراسات أن تعليم الرياضيات والعلوم الفيزيائية حساس بالذات بالنسبة لثروة المدرسة .^(١) ونجد أن أكبر الفوارق فى إعداد المدرسين بين المدارس الغنية والفقيرة تكون فى الرياضيات والكيمياء والفيزياء . ويؤدى ما يوجد من تفاوتات هائلة فيما بين المدارس الثانوية إلى تضخيم تأثيرات تباين مستوى تعليم والذى الطلبة وتباين المستوى الاقتصادى بدلا من أن تؤدى إلى تسويتها . وكثيرا ما نجد فى الولايات المتحدة أن الخطوط الاقتصادية والعرقية / الثقافية يوجد بينها علاقات ارتباط ، وبسبب ذلك فإن التفاوتات فى جودة المدارس الثانوية لها اسهامها فى الفوارق بين مجتمع عشائر العلماء ومجتمع عشائر سكان البلد . فعلماء الفيزياء فى معظمهم من البيض وفى معظمهم من الذكور .

حتى تتاح فرص أفضل لبعض من الطلبة جد الموهوبين بغير اعتماد على جودة المدرسة الثانوية المجاورة لهم ، قامت بعض المدن الكبيرة من زمن طويل بدعم مدارس ثانوية معينة موجهة توجيهها علميا خاصا ن ويتم الدخول فيها بامتحان. ويوجد لدى مجلس مدينة نيويورك ثلاث من هذه المدارس (بما فيها مدرسة ستيفسانت) وكلها تزخر بقائمة مهولة من العلماء الممتازين المتخرجين منها . وهناك اكااديمية إلينوى للرياضيات والعلم التي كرس لها ليون ليدرمانن سنوات كثيرة خلاقة ، وهذه الاكاديمية تعتمد على ما تمدها به هذه المدارس المتخصصة لمجلس المدينة وتوسع من هذا الإمداد. وتعد هذه الأكاديمية خطوة مهمة لأنها تجذب الطلبة من كل الولاية . وهي تتيح أن يصل لها الطلبة من مناطق شتى تكون لسبب أو لآخر غير قادرة على أن تدعم التعليم الممتاز للعلم ، أو هي ببساطة لا تفعل ذلك . ينبغي أن يكون في كل ولاية مدرسة ثانوية واحدة على الأقل ترادف أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم ، وألا يكون هذا بالنسبة للعلم فقط بل وللآداب أيضا . وربما يؤدي وجود هذه المدارس إلى إلهام أناس آخرين متميزين حتى يكرسوا سنواتهم اللاحقة للتعليم بطرائق مثرية وغير معتادة .

يتشكك نقاد مدارس "الامتحانات" في حكمة استخدام أداء الامتحان، أو حتى استخدام أداء الامتحان مقرونا بمعايير كيفية بأكثر ، لتحديد من يدخلون هذه المدارس الثانوية الخاصة . ويظل آخرون يتمسكون بالمعايير الكمية الجامدة للاختيار . وهناك بعض مشاكل واضحة تنتج عن استخدام الامتحانات بل وحتى عن أن يطلب من الطالب اتخاذ المبادرة بتقديم طلب للالتحاق . فمن غير المرجح أن نجد التلاميذ من المدارس الابتدائية أو الإعدادية ذات المستوى المنخفض يؤدون الامتحان أداء يماثل في جودته أداء التلاميذ من المدارس الأفضل . ولعل الاختلاف النسبي في الأداء لا يعكس قدراتهم وإنما يعكس لاغير الاختلاف في الإعداد . ويستطيع الآباء أحيانا أن يعوضوا أوجه النقص في المدارس ، إلا أن قدرة الآباء على القيام

بذلك هي لسوء الحظ مرتبطة بالمستوى التعليمى والاقتصادى وبالتالى فهي فيما يحتمل ترتبط بنوعية المدارس المحلية .

قد يؤدى احتمال سوء الأداء فى الامتحانات إلى تثبيط المشرفين بالمدارس الفقيرة عن أن يقترحوا أن يتقدم أفضل تلاميذهم للالتحاق بالمدارس الثانوية الأكاديمية المتخصصة . كما يقل احتمال أن يكون والدو الأطفال الذين يتعلمون فى هذه المدارس على معرفة بوجود فرص متاحة كما فى أكاديمية إينوى للرياضيات والعلم. ومن المرجح أن يصمم الوالدون الأرقى تعليما والأمنون اقتصاديا على أن تقوم المدارس الابتدائية باعداد أطفالهم بحيث تكون لهم القدرة على المنافسة بنجاح للدخول فى أحسن المدارس الثانوية . وهم يشجعون أطفالهم هم أنفسهم على تقديم طلبات للالتحاق فيها . بل إنهم ربما يقيدون أطفالهم لدراسة مقررات خاصة للتدرب على امتحانات القبول. وتوجد فيما يبدو نزعات تحيز محتملة فى شريحة عشائر طالبى الالتحاق قد تؤدى إلى استمرار بقاء الكثير من العقبات التقليدية التى تعوق الاتجاه للمهن العلمية . وتكون هذه العوائق اشد خطرا بالنسبة للطلبة الذين ينتمون إلى عشائر يقل تقليديا عدد من يمثلونها فى المهن العلمية.

هناك ثلاث كلمات أساسية كمفتاح لجذب شتى أنواع الطلبة إلى المدارس الثانوية الأكاديمية المتخصصة ، وهى المعرفة ، والرغبة ، والنجاح . فهناك أولا "معرفة" أن هذه المدارس موجودة . وأحد الطرق الأساسية للاكتشاف حاليا هى شبكة الانترنت . وقد تفحصت من باب الفضول المحتوى والجو بالنسبة لمواقع ويب المتعلقة بما يقرب من عشرين مدرسة ثانوية عامة للعلم . كما بحثت متلمسة مواقع لمدرستين خاصتين فى منطقة بوسطن ، لديهما برامج علمية ممتازة ، وهما أكاديمية فيليب أندوفر وأكاديمية ميلتون . وعموما فقد فوجئت بما رأيته من تباين ملحوظ بين

مواقع المدارس الخاصة والعامة فى هذه القائمة . فمواقع الكثير من المدارس العامة باردة تماما . وكمثل فإن معظمها يعرض صورة فيزيقية للمنشأة بدلا من إظهار تنوع عشائر الطلبة / الكلية . ومن بين المدارس العامة ، وجدت أن مدرسة كارولينا الشمالية للرياضيات والعلوم هى الأكثر لفتا للاهتمام . فهى تبث رسالة شاملة مغرية ليس فيها مطلقا اى تهويل . وهى تقترح على الطلبة المهتمين بالأمر أن يتصلوا بسفير الطلبة ؛ وهذه فكرة رائعة وفيها تشجيع متبصر .

أما موقعا المدرستين الخاصتين ، فيشبهان ذلك فى جو الموقع وإن كان الموقع أكثر فخامة . وتظهر فيهما صور للأفراد ؛ والموقعان غنيان بصور احترافية للتفاعلات الدافئة بين الكلية والطلبة . والناس ، وخاصة الشبان منهم ، يهتمون أكثر الاهتمام بالناس الآخرين . بل إننى حتى الآن مازلت انجذب لصور الأفراد الذين يستمتعون بما يفعلونه أكثر مما أنجذب لمنشآت غير مأهولة أو لأمرور تكنولوجية بارعة.

وربما يجادل أحدهم بأن الاختلاف الأساسى بين مواقع ويب هذه ناتج عن ثراء المدرسة ، إلا أن موقع مدرسة نورث كارولينا يبين أن موقعا بسيطا أحسن تصوره يمكن أن يكون جذابا بنفس القدر مثل المواقع الأخرى التى ربما أنفق عليها مال أكثر . فالاختلافات الحقيقية بين المواقع تكون فى الرسائل الخفية التى تحملها . ووجود صفحة محلية تحمل رسالة بصرية مباشرة قوية تبين الترحيب بمختلف أنواع الطلبة ، قد يكون لها عائدها المطلوب . وعندما يكون هناك موقع غير تقليدى نوعا (مثله مثل الشباب) يوصل رسالة بأن الكلية تعتنى بالطلبة كأفراد ، فإن هذا أمر يستحق على الأقل أن يجرب .

بعد "المعرفة" تأتى "رغبة" الطالب فى أن يكون جزءاً من مجتمع أكاديمى نشط . وقد تكون الفكرة كلها بالنسبة للكثير من الطلبة فكرة أجنبية

عن خبرتهم فى البيت أو المدرسة . ويحتاج الطلبة إلى أن تكون لهم القدرة على تصور أنفسهم فى مكان مثل أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم أو أكاديمية برونكس للعلم وأيضا فى أكاديمية ميلتون . ولابد وأن يكون هناك من يشعل فيهم شرارة الاهتمام بذلك ، مثل المدرس ، أو الوالدة أو صديق ، أو إتصال أو خبرة غير اعتياديين . وأحيانا يأتى الحافز عن طريق اتصال طويل بأفراد عاشوا التجربة . وأحيانا يحدث أن تفاعلا لزمنا قصير يوقظ حاجة داخلية أو هو ببساطة يتوطد كحاجة داخلية .

هذا وقد ذهلت مما يبلغنى به الناس عن عدد ومدى الأحداث التى أثارت "تيقظهم" على غير توقع . ومع كل ما يُبذل من الأنشطة المخطط لها بشأن التعليم، كثيرا ما يكون أحد الأحداث غير المتوقعة هو الذى يطلع بدافع داخلى إلى السطح . وفيما أفترض فإن قصة والدى كان ينبغي أن تهيأنى لتقبل الكثير من قصص انعطاف المصير الحاد التى سمعتها . ولكنى بالطبع كنت أعتقد أن قصته التى ترجع لأيام الكساد الكبير ليست بالقصة المثلى لوقتنا الحالى . وسأعيد حكايتها هنا لأنى قد تحققت من أن قصة أبى هى قصة بعض الشباب فى وقتنا الحالى . هناك اختلاف فى التفاصيل ولكن الفكرة الرئيسية متماثلة .

أبى أمريكى من أول جيل ، وقد شب فى الجزء الشرقى الأسفل من مانهاتن ثم بعدها فى شيبسيديباى . وكان وهو صبى قد أبلى فردة حذائه اليسرى وهو يركب زلاجة القدم (Scooter) متجها إلى فرع المكتبة العامة لنيويورك فى شيبسيديباى . وتولى صيدلى محلى هو والمكتبة الفرعية تغذية افئتانه بالكيمياء . كان صبيا ذكيا فضوليا يدرس فى مدرسة إعدادية تنقصها الكفاءة . وكما وصف والدى الأمر فقد كان ذات يوم فى دكان أمه لأشغال الإبرة حين وصل ابن عم له . كان لم ير ابن عمه هذا منذ سنوات . وكان ابن عمه يدرس فى مدرسة ستيفسانت الثانوية وأخبر والدى أن المدرسة بها

مقررات مستوى رفيع في الكيمياء . وربما كان المدرسون في مدرسة أبي
الاعدادية يعرفون شيئا عن ستيفسانت ، ولكنهم لم يخبروه . وعندما كتب
أبي سائلا عن شروط القبول بالمدرسة ، أخبرته مدرسة ستيفسانت بأن عليه
أن يؤدي امتحانا . ولكنه لم يدخل الامتحان أبدا . فقد تلقى أبي قبل تاريخ
الامتحان خطابا يقول أن درجاته في الرياضيات تكفي وحدها لقبوله .

دخل والدي مدرسة ستيفسانت ولكنه لم يتلق قط مقررات كيمياء
المستوى الرفيع ، فقد وجد أشياء أخرى جد كثيرة خلبت لبه في عالم
المدرسة الواسع . وقد أصبح بالفعل كيميائيا متميزا في حالة الجوامد . وهو
يقول ، "كم أحس بالروع إذ أفكر فيما كان سيحدث لي لو أن ابن عمي لم
يخبرني بأمر ستيفسانت".

هناك في قصة أبي بعض دروس عن النجاح . لا يستطيع الطلبة أن
ينجحوا إذا لم يوجد من يعطيهم المعلومات عن الفرص المتاحة . ترى ما
هو عدد الطلبة الأذكىاء الموجودين في مدارس بلا كفاءة ، والذين لن
يستطيع ، أولن يقوم ، والدوهم ومدرسوهم والمشرّفون على ارشادهم بأن
يساعدوهم على صياغة حلم الدخول في مدرسة مرموقة وأن يتابعوا حلمهم؟
والدرس الثاني الذي نستقيده من هذه القصة هو عن فتح الأبواب للنجاح .
هناك أحدهم في ستيفسانت قد أدرك أن أبي ، بدون امتحان للقبول ، هو
طالب غير عادي وقبله في المدرسة.

جعلتني هذه القصة أتساءل عما إذا كان يمكن حاليا أن تفتح الأبواب
بأن نسمح ببساطة لعدد قليل من أفضل طلبة الرياضة والعلم في المدارس
قليلة التميز بالقبول في المدارس الثانوية الجذابة بالاعتماد أساسا على أدائهم
الأكاديمي المتواصل . يُعد إجراء المقابلات أداة للتثبت من موهبة الطلبة
ودوافعهم . وبالنسبة لهذه المدارس، قد يكون إجراء تجربة تتوجه لأن نبدا
"تقليد" إرسال طلبة إلى المدارس الثانوية للرياضة والعلم ، فيه ما يلهم

المدرسين والطلبة معا . وهناك أدلة وافرة على أن وجود التحديات فى الأهداف والنجاحات الأولى كثيرا ما يؤدي إلى تغيرات جوهرية فى إدراك الناس لأنفسهم وللفرص المتاحة لهم . وسنجد أن بعض الطلبة الناجحين فى مدارس تنقصها الكفاءة أو الميزات من المدارس الابتدائية أو المدارس الإعدادية ، سنجد أنهم ربما سيسعدهم أن يعملوا كسفراء للطلبة .

المدرسة الثانوية بداية وتأسيس . وفتح الأبواب للدخول فى أفضل المدارس الثانوية خطوة هامة تجاه فتح الأبواب للمهن العلمية. يحدث التطور فى تركيبة المجتمع العلمى ببطء يثير الاحباط . ومع أن هناك ضغط وثقاش لتأييد وجود النساء فى العلم ، إلا أن التقدم هنا قليل قلة مذهلة من حيث وجودهن فى كليات بمعاهد المرتبة الأولى ، وفى الأكاديميات ، وفى قوائم الحائزين على الجوائز (وخاصة الجوائز الأكثر تميزا بما فى ذلك جائزة نوبل) . أما بالنسبة للعلماء الملونين فإن الوضع أسوأ .

يحتاج الشباب إلى أن يروا مجتمعا علميا متنوعا حتى ينجذبوا إليه. ويحتاج العلم إلى مجتمع متنوع لأنه يزدهر عند وجود أوسع مدى من المواهب ووجهات النظر . كما يتوقف دعمه على ما لدى الجماهير من ثقة وإيمان به ، وربما بعض التماهى مع الأفراد الذين يمارسون العلم، وبعض الفهم للعلم على أنه مسعى بشرى.

معظم الشباب لم تتح لهم قط فرصة أن يتشاركوا فى فضولهم وأحلامهم مع أحد العلماء . وقد عمل ليون ليدرمان كسفير للعلم فنقل إلى الكثير من الشباب الرسائل عن إنسانية العلم ورغبة الإثارة باكتشافاته . وإنى لأمل أن تغاينيه فى ذلك سيودى إلى تشجيع الأفراد الذين نجحوا فى مدى عريض من المهن الخلاقة لأن يتبعوا مثاله. ولا شك أن استمرار وجودهم وعنايتهم سيؤديان إلى إنتاج الكثير من خبرات 'التيقظ'

الهوامش :

- ١- أجريت دراسات واسعة على الارتباط بين الاقتصاديات ونوعية المدرسة. ويمكن للقارئ أن يجد المزيد من المعلومات عن ذلك في الوثائق الحديثة التالية: "حالة الأطفال في أمريكا" (١٩٩٨) بواسطة صندوق الدفاع عن الأطفال عند موقع <http://childrendefense.org>؛ "تقرير عن حالة التعليم" (١٩٩٧) وزارة التعليم بالولايات المتحدة ، و"سنوات واعدة : استراتيجية شاملة للتعليم لأطفال أمريكا (١٩٩٦) هيئة كارنيجي بنيويورك ، متاح عند موقع <http://www.carnegie.org>
-

النساء والفيزياء ،

الفيزياء والنساء :

أحجية

شيلّا توبياس

لا يمكن وجود تعليم علم للسكان في غياب
الاسهام الكامل للنساء في كل مجالات
العلم ، وسبب ذلك أنهن يمثلن ٥٠ في
المائه من السكان وكذلك لأنهن -
كزوجات ، وأمّهات ، ومدرسات ،
وكاتبات وشخصيات عامة - يمارسن
تأثيرا عميقا ومتزايدا على كل فرد آخر

نشر في يونيو ٢٠٠٠ تقرير عن "النساء في الفيزياء" شارك في تأليفه
راشيل أيفي وكاتي ستو ، وتوثق المؤلفتان في تقريرهما أنه على الرغم من
تزايد عدد الفتيات الكبير اللاتي لهن بعض ممارسة لدراسة الفيزياء في
المدرسة الثانوية ، وعلى الرغم من أن النساء يحصلن الآن على أكثر من
نصف كل شهادات البكالوريوس في علوم الحياة ونصف شهادات بكالوريا
الكيمياء ، إلا أن الفيزياء في الولايات المتحدة تستمر في كونها آخر جبهة
متاحة للنساء والفتيات . وبالإضافة ، تستنتج المؤلفتان، أنه يبدو أن أحدا لا
يفهم سببا لذلك . فهما تكتبان ان " من الممكن أن النساء مازلن يخبرن تمييزا
خفيا ضدهن يؤدي بهن إلى الابتعاد عن الفيزياء ، وأن النساء يخترن مستقبلا
مهنيا يقل ارتباطه ارتباطا واضحا بالفيزياء".^(١) على أنه قد حدث بعض تقدم.
ف نجد أنه بحلول نهاية تسعينيات القرن العشرين ، تخرج من عشرين قسم
للفيزياء - من الأقسام التي ليست في كليات بنات - بعض إناث كانت الفيزياء
هي مادتهن الأساسية (بمعدل يتراوح من خمس نساء إلى اثنتى عشرة في
السنة ؛ قارن في ذلك جدول ٢ بجدول ١) . وتوقف ما كان يوجد من تفاوت
له معنى احصائيا في الأجور بالكليات والجامعات . ومع ذلك يظل تمثيل
النساء في الفيزياء "أقل عددا على نحو موجه" ؛ فهن يحصلن على أقل من
خمس درجات البكالوريوس ويحصلن فقط على ثمن شهادات دكتوراه

جدول (١) : إجمالى كل شهادات بكالوريوس الفيزياء الممنوحة لأفراد الجنسين

م	المعهد الاكاديمى	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧
١	معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا	٧١	٦١	٤٧	٥٨
٢	جامعة هارفارد	٤٥	٥٣	٥٥	٥٢
٣	جامعة واشنطن - سياتل	٣١	٤٢	٣٤	٤٢
٤	معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا	٢٤	٢٥	٢٤	٣٣
٥	روتجرز بجامعة ولاية نيوجيرسى - نيو برونزويك	٢٦	٣٢	٣٢	٣١
٦	جامعة كاليفورنيا بيركلى	٣٣	٣٥	٢٦	٣٠
٧	جامعة كاليفورنيا بـلوس انجلوس	٣٢	٣١	٣٦	٢٩
٨	جامعة بريجام يونج، المركز الرئيسى	٣٣	٣٧	٤٢	٢٩
٩	جامعة تكساس فى أوستن	٢٩	٣٠	٣٦	٢٧
١٠	جامعة نورث كارولينا فى تشابل هيل	٢٧	٢٩	٣٠	٢٧
١١	الاكاديمية البحرية للولايات المتحدة	٢٨	٣٠	٢٦	٢٧
١٢	جامعة شيكاغو	٢٩	٢٢	٢٠	٢٤
١٣	جامعة كاليفورنيا - سان دييجو	٣٤	٣٧	٤٦	٢٤
١٤	جامعة مينيسوتا - مدن توين	٢٤	٢٦	٢٥	٢٣
١٥	معهد جورجيا للتكنولوجيا ، المركز الرئيسى	٤٠	٣٧	٣٩	٢٣
١٦	جامعة فرجينيا ، المركز الرئيسى	١٣	٢١	٢٢	٢٢
١٧	جامعة ميتشيجان فى آن آربر	٢٢	٢٤	٢٣	٢٢
١٨	جامعة كاليفورنيا - سانتا كروز	٢٥	٢٣	٢٢	٢١

م	المعهد الأكاديمي	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧
١٩	جامعة كاليفورنيا - إرفين	١٩	٢٨	١٨	٢٠
٢٠	كلية وليم وماري	١٧	٢٧	١٨	٢٠
٢١	جامعة فلوريدا	١٤	١٣	٦	١٩
٢٢	جامعة (أ)و(م) بتكساس ، المركز الرئيسي	٢٠	١٣	٩	١٩
٢٣	كلية نورث جورجيا	١٤	٩	٩	١٩
٢٤	جامعة كولورادو في بولدر	٢٦	٢٥	٢٠	١٨
٢٥	معهد بوليتكنيك رينسلير	٢٩	٢٣	٣٦	١٨
٢٦	كلية ريد	٨	١٦	١١	١٨
٢٧	جامعة ولاية بنسلفانيا - جامعة بارك	١٩	٣٤	٢٤	١٨
٢٨	كلية لونجود	١٠	٧	٦	١٨
٢٩	جامعة ولاية إلينوي	١٥	١٩	١٨	١٨
٣٠	جامعة ماري لاند - كلية بارك	٢٨	٢٠	١٣	١٧
٣١	جامعة بورديو ، المركز الرئيسي	٢٦	٢٠	١٥	١٧
٣٢	جامعة ولاية نورث كارولينا- رالي	٢٣	١٤	١٣	١٦
٣٣	كلية هارفي مود	٢٥	٢٩	٢٢	١٦
٣٤	جامعة كارينجي ميلون	٢٤	٢٠	٢٠	١٦
٣٥	جامعة كيس وسترن ريزيرف	٩	١٢	١٦	١٦
٣٦	جامعة كورنيل ، كل المراكز	١٨	٢٥	٢٢	١٦
٣٧	كلية ويتمان	٣	١٣	٥	١٥
٣٨	جامعة ويسليان	٨	١٥	١٣	١٥

م	المعهد الأكاديمي	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧
٣٩	كلية سوني في جانيسيو	١٢	١٤	١٥	١٥
٤٠	سوني في ألباني	١٨	١٥	٩	١٥
٤١	معهد بوليتكنيك فيرجينيا وجامعة الولاية	٢٣	٢٥	١٣	١٤
٤٢	جامعة ولاية أريزونا ، المركز الرئيسي	١٣	١٣	١٥	١٤
٤٣	أكاديمية القوات الجوية للولايات المتحدة	٥٦	١٥	٥٥	١٤
٤٤	جامعة راييس	٩	٢٤	١٤	١٤
٤٥	جامعة برينستون	٢٨	١١	١٨	١٤
٤٦	كلية دارتماوث	١٦	١١	١١	١٤
٤٧	جامعة يوتاه	١٠	١٥	١٧	١٣
٤٨	جامعة ميسوري - رولا	٨	٥	٦	١٣
٤٩	جامعة كاليفورنيا - دافيز	٢٣	١٦	١١	١٣
٥٠	كلية بيتس	١٠	٣	٩	١٣

جدول (٢): شهادات بكالوريوس الفيزياء الممنوحة للإناث

م	المعهد الأكاديمي	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧
١	معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا	١٣	١٢	١١	١٢
٢	كلية برين مور	١٠	٦	٩	١١
٣	جامعة هارفارد	٩	١٣	١١	١٠
٤	جامعة واشنطن - سياتل	٣	٦	٥	٩
٥	روتجرز بجامعة ولاية نيوجيرسي - نيو برونزويك	٢	٦	٢	٩

١٩٩٧	١٩٩٦	١٩٩٥	١٩٩٤	المعهد الاكاديمى	م
٩	١٠	٤	٨	كلية مونت هوليوك	٦
٨	٢	٥	١	كلية هويتمان	٧
٧	٤	٦	٣	كلية سميث	٨
٦	٧	٦	٨	جامعة نورث كارولينا فى تسايل هيل	٩
٦	٥	٤	٢	جامعة ميتشيجان فى آن اربور	١٠
٦	٢	٤	٥	جامعة شيكاغو	١١
٦	١٣	٧	٥	جامعة بريجام يونج ، المركز الرئيسى	١٢
٥	صفر	٤	صفر	جامعة (أ) و (م) ألاباما	١٣
٥	٦	٥	٩	جامعة كولورادو فى بولدر	١٤
٥	١	صفر	٦	جامعة (أ) و (م) فى تكساس، المركز الرئيسى	١٥
٥	٥	١	١	الجامعة الجنوبية كلية (أ) و (م) فى باتون روج	١٦
٥	٢	٥	٤	جامعة بورديو ، المركز الرئيسى	١٧
٥	٢	٣	١	كلية بارنارد	١٨
٥	٤	٦	٣	كلية ويليام ومارى	١٩
٤	صفر	٢	١	كلية وليام	٢٠
٤	٦	٤	٤	كلية ويليسلى	٢١
٤	٦	٣	٤	جامعة فرجينيا ، المركز الرئيسى	٢٢
٤	٦	٢	٤	جامعة مينيسوتا - مدن توين	٢٣
٤	٣	٨	٤	جامعة كاليفورنيا - سان دييجو	٢٤
٤	١	صفر	صفر	جامعة ساسكويهانا	٢٥

الفلسفة فى الفيزياء . وإذا قارنا هذا ببلاد مثل الأرجنتين وإيطاليا والفلبين نجد أن تمثيل المرأة فى الفيزياء فى هذه البلاد أكبر كثيرا مما لدينا .

وحسب كلمات شخصية ملك سبام فى إحدى الروايات ، فهو عند عجزه عن فهم أنا المريية الانجليزية التى استأجرها لتربية أطفاله، يقول "إن هذه أحجية" . عندما نعيد قراءة الكتب والمقالات التى كتبت فى سبعينيات القرن العشرين حول غياب المرأة عن العلم ، تبدو لنا البيانات وتفسيرها وكأنها قديمة . إلا أننا إذا وضعنا كلمة "الفيزياء" بدل "العلم" يظل كل شئ صادقا تماما. لماذا يحدث أن تبدو الفيزياء بعيدا عن متناول نساء الولايات المتحدة من أصحاب القدرات العالية ، حتى بالنسبة لأولئك اللاتى يظهرن موهبة وميلا مبكرين للرياضيات ؟ وإذا سألنا سؤالا بطريقة مختلفة ، ما هو السبب فى أن مجتمع الفيزياء فى الولايات المتحدة يقاوم بشدة تجديد تياره الرئيسى ؟ ^(٢) وما هو السبب فى أن الفيزيائيين ، وإن كانوا على مقدرة كبيرة هكذا فى سبر أسرار الكون ، إلا أنهم عاجزون عن فهم طريقة لمعالجة انحراف نظرتهم الجنسانية ^(٣) ؟

اجريت مجموعة من الاستقصاءات على نطاق واسع ، وإن لم يكن لها تأسيس احصائى ، واستخدمت فيها البريد الإلكتروني لسؤال نساء شابات (عمرهن خمسة وأربعون فأقل) ممن ثابرن على اتجاههن فى هذا المنحى . فحصلن على البكالوريوس والماجستير ، كما أن أغلبية المجيبات كن حاصلات على درجات دكتوراه الفلسفة فى الفيزياء والفيزياء الفلكية ، وهن كما تدل على ذلك إجاباتهن قد شعرن بالانجذاب للفيزياء واستمررن فى استمتاعهن بهذا المجال لنفس الأسباب مثل نظرائهن فى السن من الذكور . (هناك امرأة نالت دكتوراه الفلسفة فى فيزياء الأغشية الرقيقة ، وتعمل الآن

^(٢) جنسانية : نسبة للجنسين Gendre أو الذكر والانثى . (المترجم)

أساسا فى أبحاث تعليم الفيزياء وهى تقول : "دخلتُ الكلية وأنا أود إنجاز المقرر التمهيدي لدراسة الطب"^(١) ، وأنهيت أول مقرر دراسي لى فى الفيزياء لأنه كان مطلوباً . إلا أنى أحببته رغم حقيقة أنه كان مقروراً صعباً ، وربما أحببته لهذا السبب . ولكن حتى عندما تكون هاته النسوة ناجحات حسب المقاييس المعتادة ، إلا أن نجاحهن لايزدهر بنفس السرعة وبنفس المدى مثل الرجال . وتتجمع مشاكلهن حول ثلاث قضايا : بيئة ثقافة الفيزياء التى مازالت تبقى فيها نزعة ذكورية مبالغ فيها ، ويقول البعض منهن أن هذه شبه عقيدة ، هى كما يعتقدن عقيدة فيها نزعة تنافس مدمرة^(٢) ، بل وحتى فيها نزعة كراهية للنساء^(٣) ؛ ثم هناك قضايا حياة العمل التى تفرض العقوبات على الأفراد (وليس على النساء وحدهن) الذين لهم أزواج يعملون ولهم أطفال ؛ وأخيراً هناك اساءة معاملة ملموسة تتراوح بدءاً من إسقاطهن من الحساب وعدم أخذهن مأخذاً جدياً بواسطة الأساتذة ، والموظفين ، والزملاء ووصولاً إلى أن تكون هناك نزعة صريحة لاحباطهن ، وكرهن ، وأن يتم عن عمد إفساد مسار حياتهن المهنية . وهذه أحاسيس عنيفة من جانب المجيبات ، ما كن ليظهرنها لولا أنى وعدتهن بانى سأحافظ بالكامل على سرية الأسماء .

هناك أحد التفسيرات لهذه الإساءة الملموسة فى المعاملة ، طرحه بطريق غير مباشر الفيزيائى جيرالد هولتون وعالم الاجتماع جيرارد سونرت فى دراستهما فى تسعينيات القرن العشرين لعدد من العلماء الرجال والنساء يصل إلى ٦٩٩ فرداً ، تلقوا كلهم منحة لدراسات ما بعد الدكتوراه من المؤسسة القومية للعلوم ، ويقول هذا التفسير ان النساء فى الفيزياء قد بقى حجمهن أقل من حجم الكتلة الحرجة^(٤) . ولهذا ثلاثة تأثيرات : ان هؤلاء

(١) تتطلب دراسة الطب فى الولايات المتحدة إجراء دراسات تمهيدية لأربع سنوات فى العلوم الأساسية. (المترجم)

النساء ، بما فيهن الأكثر قدرة - بل وخاصة الأكثر قدرة من بينهن ، يخبرن إحساسا بعزلتهن، احساسا بأنهن شئ مختلف ، احساسا بأن الأنثى تكون "الفتاة الوحيدة فى الفصل " . تعمل جودى فرانز حاليا مديرة تنفيذية للجمعية الأمريكية للفيزياء ، وهى تتذكر أنها كانت تُستبعد من دورات دراسة الفيزياء المتأخرة ليلاً عندما كانت طالبة قبل التخرج فى جامعة كورنيل ، ولم يكن ذلك بسبب تمييز صريح ضدها وإنما بسبب أنها يجب أن تتصاع لقواعد داخلية فى الكلية (ليست مما يجب أن ينصاع لها زملاء الدراسة من الذكور). وهناك تأثير ثانى يظل مستمرا فى مفعوله على من يمتهنون مجالا يقل إمداده بالنساء ، وهو ما يطالبن به من بذل لوقتتهن على نحو غير مناسب - وهذا عامل قد خرجت به من لقاءاتى معهن . والتأثير الثالث تأثير نمطى للمعوقات التى تنشأ عند أى مجموعة من الأقليات تنقصها السلطة ؛ فهن لا يتاح لهن التوصل إلى الموارد التى يحتجنها لمساعدة أنفسهن او لمساعدة الآخرين من أمثالهن .

ولت منذ زمن طويل تلك الأنواع من القواعد الداخلية التى أبقت جودى فرانز حبيسة بعيدا عن مجموعات الدارسين ؛ ولكن ما ظل باقيا هو ثقافة الاستبعاد، التى كتبت عنها ريتا كولويل فى مقدمتها لدراسة إلجا واسرمان الجديدة عن الأكاديمية القومية للنساء وعنوانها (الباب الذى فى الحلم) حيث تقول أنه حتى "أولئك اللاتى نجحن منا فى العلم ، يشعرن بلسعة التحيز".^(٦) وكولويل التى تعمل حاليا مديرة للمؤسسة القومية للعلم ، كانت فيما سبق مديرة معهد البيوتكنولوجيا فى جامعة مارى لاند ، وهى حاليا فى أجازة من هذه الجامعة . وقد وجدت كولويل كطالبة أن أفكارها لم تكن تؤخذ مأخذا جديا مثل أفكار الذكور من حولها الذين يطمحون لأن يكونوا من العلماء ، وكان يقال لها أثناء دراساتها العليا أن الأساتذة "لا يريدون أن يضيعوا درجة زمالة بمنحها لامرأة" ، وقد رأت بنفسها الكثير من أفكارها وهى تُخطف من بين أيديها لاغير . وهى تتذكر أن هذا العائق الثانى يعد

الآن غير قانونى ولكن أين هذا "القانون" الذى يستطيع أن يمنع كبار الأساتذة من أن يأخذوا أفكار العالمات الصغيرات مأخذا جديا ؟ أو يستطيع أن يمنع الزملاء من "اختطاف" بحث لعالمة امرأة ؟

وحتى لا يظن أحد أن هذا قد أصبح تاريخا دعنا نقرأ ما كتبه عالمة فيزياء فلكية تشغل منصب الأستاذية فى جامعة مرموقة وهى مازالت اقل من الخامسة والأربعين عمرا .

لأقيت فى حياتى المهنية على نحو متكرر ، نقصا عميقا لاحترام قدراتى وانجازاتى . وكان هناك من قالوا لى فى وجهى أنى شخصية صعبة، لأنى أحاول الوصول إلى " مايعلو قامتى" عندما أطمح مثلا إلى عضوية لجنة متميزة، بل وقيل لى ما هو أسوأ من ذلك . وقد تجاهلونى وكأنى غير مرئية فى مجالات أعرف عن موضوعاتها التى تعرض علينا أكثر من أى فرد آخر من المشاركين ... لازلت أحس فى مهنتى الخاصة أنى لست فى بيتى . هذا مع أنى إحدى المحظوظات . فلدى عمل جيد . لقد " سمح لى بالدخول من الباب" .

لماذا يحدث أن علماء ، يكونون فيما عدا ذلك عقلانيين ، يبخسون من قدرة النساء على اداء الفيزياء ؟ لعلها نظرة تمحور على الأنا : تمتد منبسطة من ضالة خبرتهم هم أنفسهم بالنساء . تتزوج عالِمات الفيزياء من رجال يعملون بالعلم^(٧) ولكن الكثيرين من الرجال العاملين فى الفيزياء لا يتزوجون نساء يعملن بالمهنة . ويدعم من رأيهم أن نساءهم أنفسهن ينفرن من الفيزياء (وكذلك بعض بناتهن، ولكن ليس كلهن) ، وهم بناء على هاته النسوة الحميمات لهم يفترضون أن كل النساء متماثلات. ونجد فى عينة سونرت وهولتون من العلماء الذين وصلوا لإتجازات كبيرة ، أن ٦٢ فى المائة من

النساء اللاتي نلن الدكتوراه قد تزوجن من رجال نالوا الدكتوراه في العلوم ، ولكن هناك فقط ١٩ في المائة من الرجال قد اختاروا زوجات بهذه المؤهلات. وربما يكون هذا في تغير ، إلا أن علماء الفيزياء الذين يشغلون مناصب تتيح لهم توظيف وفصل ومكافأة وعقاب النساء الأصغر سنا في مجالهم ينتمون إلى جيل قديم وهم الذين مازالو يتحكمون في وضع الاتجاه العام ، والقواعد ، والأسلوب.

ترى ما سبب هذه الإساءة في المعاملة ؟ إن الإجابة أمر أكثر تعقيدا . يقرر أحد كبار العاملين في قسم كبير للفيزياء في جامعة على أرض حكومية، "لو أنك سألتني منذ عام ، لذكرت لك أن لدينا ثلاث نساء أستاذات في قسمنا . أما هذا العام فلا توجد أي واحدة . إحداهن تركت العمل لأسباب خاصة ، والأخرى لتتبع زوجها في جزء آخر من البلاد ، والثالثة لأنها لم تعد تستطيع التحمل لأكثر من ذلك".

أجرى معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا دراسة لوضع النساء في الكلية ووثق في هذه الدراسة أن التمييز ضدهن لا يكون فقط في توظيف مساعدى البحث والتدريس الأصغر سنا ، وإنما يحدث أيضا "ما هو أكثر من التمييز بين الجنسين" في معاملة كبار العاملات من النساء ، وتوزيع المنح والترقيات، وتخصيص المساحات للمعمل والمكتب ، وفي الإقلال من تمثيل النساء في اللجان المهمة. ^(٨) وتكتب إيلجا واسرمان في تفسيرها لدراسة معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا أن النتيجة الرئيسية في تقرير اللجنة هي أن "كل جيل من الشابات يبدأن وهن يعتقدن أن التمييز بين الجنسين مسألة قد (تم حلها)، ولكنهن في الأوضاع الأعلى في العمل يجدن أن ميدان اللعب لا توجد فيه مساواة". ^(٩) والحقيقة أن كبار العاملات من أعضاء الأكاديمية القومية اللاتي اجرت واسرمان لقاءات معهن يظهر لديهن صدى مشاعر الشابات الأصغر في الفيزياء وهي المشاعر التي اظهرت دراستي صورتها . وحسب

عالمة الفلك فيرا روبين فان " العلم مازال مهنة يهيمن عليها الذكور وبعض هؤلاء الذكور يستمتعون بهذه الهيمنة" (١٠) ومما تقوله ميريام سارتيك عالمة الفيزياء التجريبية، "إن رأيهم عن مدى براعتك يتحدد نوعه حسب الدرجة التي تكونين بها امرأة". (١١)

والحقيقة أنه في دراسة في ١٩٩٥ أجريت على المتقدمين لزمالة ما بعد الدكتوراه بعد حصولهم على منح مجلس البحوث الطبية القومى السويدى، وُجد أن النساء يحتجن لأكثر من مائة نقطة تجمع بين الإنتاجية والتميز فى المجالات العلمية ؛ ويحتاج الرجال لعشرين نقطة لاغير ، وهذا فارق يعطى الرجال ميزة على النساء بمقدار خمسة إلى واحد. (١٢) وكما تفسر الأمر هاربيت زوكرمان العاملة فى علم اجتماع العلم ، فإن المزايا تتراكم : "....عندما يتلقى أفراد مجموعات معينة فرصا أعظم لتزويد من حجم اسهاماتهم فى المعرفة ثم يكافئون حسب هذه الإسهامات ... وهكذا يزداد ثراء من يتلقون بمعدل متسارع وعلى عكس ذلك فإن غير المتلقين يزدادون نسبيا فى فقرهم". (١٣)

مفهوم - الذات

تقول إحدى المجيبات "الفيزياء صعبة ، والنساء عند كل المستويات ينحون إلى تقييم أنفسهن على أنهن أقل من الرجال" . لن يستطيع إلا الأطباء النفسيون أن يخبرونا عما إذا كان هذا نتيجة لأن عدد النساء العاملات بالفيزياء أقل مما ينبغى أو نتيجة لأن السلوك الطبيعى للنساء أقل عدوانية . على أنه يبدو أن الالبخاس بتقييم الذات لا يعوق النساء فى المجالات الأخرى مثلما يعوقهن فى الفيزياء . وهناك سيدة فى التاسعة والعشرين من عمرها حاصلة على دكتوراه الفلسفة فى الفيزياء وتعمل الآن فى الصناعة ، وهى تقول لنا ببصيرة نافذة : " عندما يحدث باستمرار أن تُختبر جودة تفكيرك إزاء شكوك عنيفة ، فسوف يفيدك ان تكونى أنانية " . وهى قد وجدت فى الكلية أن

أندادها من الذكور أنانيون لأقصى درجة ، لدرجة أكبر حتى من كونهم ضد الإناث . وأدركت فيما بعد أن تقّتهم هذه المبالغ فيها أسهمت في نجاحهم .

ومما له علاقة بانعدام الثقة لدى بعض النساء ، ذلك الاحساس الرهيب الذى يضيفه على الشابات ، خاصة فى المدرسة الثانوية ، ما يفرض عليهن من الاختيار "بين أن تكون الواحدة منهن فتاة أو أن تمارس الفيزياء". ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى أن الفيزياء مازالت مادة "اختيارية" فى المدارس الثانوية بالولايات المتحدة ، يقصد فقط أن تكون "للخاملين اجتماعيا وبذنيا" . اختارت إحدى الفتيات بلا تردد مادة الفيزياء فى المدرسة الثانوية ، ولكنها فى الكلية عندما سألها عميدها ، قالت أنها ليست واثقة من أنها قادرة على اتخاذ نفس الخيار فى الكلية . وتتذكر شابة أخرى أنها قد أثبتت عن عزمها على الدخول فى مجال الفيزياء لأنه مجال "يصعب على الآخرين مشاركتك فى الدخول إليه صعوبة بالغة ، وهو لا يتيح لأصدقائك وأسرتك أن تكون لديهم أى فكرة عما تفعلين " . والنساء فيما يحتمل يردن أكثر من الرجال أن يكن قادرات على أن يتشاركن مع من هم على علاقة حميمة بهن فيما يحبين ويفعلن .

يوظف الفيزيائيون عددا من الفنيين المعمليين أقل مما يوظفه الكيميائيون أو البيولوجيون ، ولهذا فإن عدد النساء الموجودات فى هذا المجال هو أقل حتى من أن يواجهه الرأى بأن الفيزياء ليست للفتيات . وحتى إذا كان من يعملون فى المعامل تبّخس إلى حد كبير أجورهم وتقل الاستفادة بهم ، إلا أن الطالبات الإناث اللاتى يملن إلى الكيمياء و/أو العلوم الحيوية سيجدن أن عشائر المهنيات النساء العاملات فى هذه المجالات فيها أعداد تكفى لتمكنهن من إقامة علاقة ارتباط بهن.^(١٤)

قضايا للعمل - الأسرة

تبين دراسات عديدة أن العالمات المتزوجات ولهن أطفال يكن منتجات بنفس انتاجية العالمات بغير أطفال . ولكن هذا تحليل يجرى بعد وقوع الحدث. ومن وجهة نظر شابة اختارت الفيزياء ، فإن إمكان الجمع بين الفيزياء والأسرة أمر يبدو مثيرا للأسى . ونحن نستشهد هنا بما قالت إحدى المجيبات :

هناك أولا الساعة البيولوجية . تتفق الأنثى النمطية سبع سنوات لتتال درجة دكتوراه الفلسفة وهى تتال أجرا يبلغ ١٦ ألف دولار فى السنة مع أدنى حد من التأمين الصحى وبلا معاش ثم تتفق أربع سنوات أخرى فى أعمال ما بعد الدكتوراه. كما أنها وهى طالبة دراسات عليا ، يجب أن تحضر فصولا دراسية ، وأن تدرس لطلبة ما قبل التخرج ، وأن تؤدي أبحاثا . ومشغولياتها أكثر من أن تسمح لها بأن يكون لديها أطفال . وعندما تصل إلى مرحلة ما بعد الدكتوراه فى أوائل الثلاثينيات من عمرها تكون فى أقصى السنوات انتاجية من حيث أبحاثها التى يكون عليها أن تجعل منها شيئا له اعتباره بحيث تبدو صالحة للدخول فى خط التثبيت فى الوظائف . وليس هذا بالوقت الصالح لأن يكون لها أطفال ، إذا كانت باحثة جادة . وهكذا فهى إذ بلغت الرابعة والثلاثين ، وكانت تتجه إلى مستقبل مهنى أكاديمى ، يكون فى وسعها أن تتوقع لنفسها سبع سنوات أخرى من التدريس وأداء الأبحاث . وإذا حاولت أن يكون لها طفل فى هذا الوقت سيعنى هذا أنها ليست جادة فيما يتعلق بالفيزياء.

هناك أمر يرد ذكره بدرجة أقل انتشارا وهو "الحاجة إلى أن تربي" وهى حاجة يحملها النساء العاملات بالفيزياء معهن من البيوت إلى معاهد

التدريس . وحسب ما تقوله أستاذة تم تثبيتها في التو كأستاذة فيزياء في جامعة مرموقة في وسط الجنوب :

المشكلة ؟ المشكلة في أشياء كثيرة مما يجب صنعه . يحدث للنساء في العمل الأكاديمي أن يُخس قدرهن لأننا نضيق بأداء مهام قذرة في أمور تصدم "الناس" . نحن غير مستعدات لتبرير موقف ينادي بأن ترفع الأيدي مثلا عندما ينبغي أن يكون شيء ما من مسئولية الطلبة وليس من مسئوليتنا . وبالتالي فإننا نستغل ، وكلما زدنا نجاحا زاد الضغط علينا . وفي نفس الوقت فإن طالباتنا الإثاث اللاتي يتطلعن إلينا كنموذج لدور يقمن به سيقلن فيما يحتمل " لن أقبل ذلك مطلقا . أريد عملا من التاسعة حتى الخامسة له أجر جيد ويبقى لي وقتا كافيا لأسرتي ، وأنا أستطيع الحصول على ذلك بمجرد بكالوريوس في الفيزياء" .

لعل هذا هو السبب في أن امرأة من كبار الفيزيائيين في معهد ايفي ليج تقرر التالي ، "أرى نساء كثيرات في فصلي للمقرر التمهيدى الرفيع للفيزياء - وهن شابات ذكيات طموحات لهن ذهن حاد . ولكنى عندما أكون بين نساء يشغلن مناصب أكبر أسمع تعبيرهن عن شكوكهن بشأن اتباع حياة مهنية متصلة في الأبحاث . فهناك الحديث عن أخذ أجازة لسنة أو اتخاذ مهنة تدريس الفيزياء أو مهنة في السياسة العامة بدلا من العمل في الفيزياء الصرف" .

لعل ما ينقل لنا الشعور بأن العائلة لا علاقة لها أساسا 'بالعمل' هو عدم وجود نقاش بين الفيزيائيين الذكور عن روابطهم العائلية والعمل ، بل وأكثر إزعاجا من ذلك ما يحدث في مجلة "الفيزياء اليوم" حيث يحظر في أى

نعى ينشر فى المجلة أن یرد أى ذكر لعائلة الفيزيائى المتوفى أو أى أمور خارجية مهمة .

كل ما قاله لى من أرسلن لى اجاباتهم حول مشاكل العمل - الأسرة هو صحيح عموما فى العمل الأكاديمى . على أن هناك آلافا من النساء فى المجالات الأخرى يتمكن من النجاح على الرغم من مطالب الحياة الأكاديمية . وإذا كانت الأجور النهائية فى علوم الانسانيات أقل مما فى الفيزياء ، إلا أننا نجد على الأقل أن فترة التتلمذ (من غير فترة ما بعد الدكتوراه) تكون أقصر بزمان من سنتين إلى أربع سنوات . أما فيما عدا ذلك ، فإن لديهن أيضا الحاجة لإجراء الأبحاث ، والانتاج ، والتفوق فى التدريس ، والعمل فى اللجان - فى نفس الوقت الذى يكن فيه تماما فى أقصى حالات المشغولية - فالمشتغلات بالانسانيات يكن فى حاجة لكل هذا بما يماثل حاجة المشتغلات بالفيزياء ، وهن يستطعن انجاز ذلك . وينجز النساء ذلك أيضا فى العلوم الحيوية . وإن فلاید وأن هناك شيئا ما فى مهنة أبحاث الفيزياء يضع النساء فى وضع حرج . ترى أيمكن أن يكون ذلك هو الاعتقاد ، إن خطأ أو صوابا ، بأن أفضل الأبحاث هو ما ينجز قبل سن الثلاثين ، بحيث تكون المنافسة عندها لإظهار الذكاء المتقدم منافسة شديدة (هى حتى أكثر شدة بين العاملين بالرياضة) ؟ إننا فى المجال الذى تدربت فيه نصبح أفضل كلما زدنا عمرا ، والكل يعرف ذلك . ومع أن الحال فى الفيزياء يساوى ذلك صدقا ، إلا أنه ليس مما يسود الإيمان به على نطاق واسع .

تقول إحدى المجيبات ممن يعملن فى الفضائيات وهى تقارن عملها بالعمل الأكاديمى ، أن الصناعة تقدم للنساء العاملات بالفيزياء فرصا أفضل كثيرا . "الصناعة تقدم مسارا للإرتقاء فى كل من النواحي التكنيكية والإدارية ، الأمر الذى يتيح للنساء انتقاء خياراتهن مهنيا حسب شخصياتهن ومهاراتهن . والصناعة توفر أيضا مزايا أكثر تشجيعا للنساء : تأمين صحى ، معاش تقاعد

كبير ، مصاريف تعليم ، أجازة أمومة ، نفقات تناسب حضانة لرعاية الأطفال، مرتبات عالية. وبوجه عام فإن الصناعة توفر كلا من البيئة والمزايا التي تتيح لأنثى حاصلة على مؤهل فيزياء أن تصبح ناجحة ". إلا أنه نادرا ما تُطرح الصناعة كخيار في مجال الفيزياء . وعلى الرغم من أن ما يقرب من ٧٠ في المائة من الحاصلين على دكتوراه الفلسفة في الفيزياء في ١٩٩٧ - ١٩٩٨ قد حصلوا على ما يسميه المعهد الأمريكي للفيزياء بأنه "وظائف لها احتمال الدوام " في الصناعة ، إلا أن دراسة الفيزياء كمادة رئيسية مازال يُتَظر لها على أنها تذكرة للوصول إلى معهد دراسات عليا ، وهذا المعهد هو تذكرة للوصول إلى الأستاذية . وبالتالي فإن قيود العمل الأكاديمي يُتَظر إليها بواسطة الأنثى الطموح العاملة بالفيزياء على أنها أمور لا مفر لها من أن تكافح فيها .

صنع التغيير

" ماهو العمل ؟ " هكذا قالت عالمة فيزياء تشغل منصبا كبيرا في معمل قومي وهي تردد سؤالى كالصدى . أنظري إلى مهنة الهندسة ، حيث كانت أعداد النساء اللاتي يزاوِلن المهنة منذ عقدين صغيرة مثلما في الفيزياء تماما إلا أنه كانت هناك قيادة وتوجيهات إدارية من القمة . لقد حدث لاغير أن قرر عدد من عمداء الهندسة أنهم سيحشدون طالبات من النساء ويوظفون نساء في الكليات ، وهم يواصلون ذلك " . وصلت نسبة النساء اللاتي وُظفن في مستوى المعيد/المحاضر في كليات الهندسة في كل القطر إلى عشرين في المائة ، وينبغي أن يؤدي هذا في الوقت المناسب إلى تغيير النسبة بين شاغلي منصب الأستاذ الكامل (وهي الآن ٢,٢ في المائة فحسب). أما في الفيزياء فإن الوظائف فيها تكون على مستوى الأقسام ، مع دورات لشغل كرسي الأستاذية حيث لا يكون لشاغله الكثير من السلطة أو الموارد . في حين يمتلك عمداء الهندسة الاثنين معا . وهم أيضا على اتصال بدوائر الصناعة وهذه مع

وجود بيئة تسود فيها المساواة في قضايا التوظيف لابد وأن يكون لها نظرة للنساء أكثر تقدما عما في المجال الأكاديمي .

والحقيقة أن عالمة فيزياء تعمل في قسم الهندسة في جامعة ولاية كبيرة تقرر أن طلبتها لا يدهشون مطلقا من رؤيتها أمام السبورة لأن مقرر التصميم المطلوب منهم اجتيازهم في سنتهم الأولى يوجد فيه امرأتان معيدتان من بين كل خمسة معيدتين .

يقوم بعض الفيزيائيون بصنع تغييرات : تمتدح النساء اللاتي أجبن على أعضاء فرادى من العاملين في المهنة يخرجون بلا حدود نساء حاصلات على دكتوراه الفلسفة ، وذلك في تباين مع "اعداء المرأة" في بلادنا، الذين يسمون هكذا لأنهم لا يخرجون قط أى نساء من برامجهم للدكتوراه ، فالنساء لا يتخرجن منها قط أو هن لا يخرجن منها سليماً . على أن هناك برامج معينة لما قبل التخرج تتزايد فيها النساء الطالبات بنسب كبيرة غير معتادة . ونجد في كلية ديكنسون ، حيث يوجد معا "لوائح برسيلا" وورش الفيزياء ، أنه في السنوات العشر الأخيرة وصلت نسبة النساء بين من يدرسون الفيزياء كمادة رئيسية إلى ٤٠ في المائة . وحسب التقارير فإنه "من بين من يختارون ورش الفيزياء المؤسسة على التفاضل والتكامل يكون العدد الموجود من النساء فيما يرجح مماثلاً لعدد الرجال في دراسة مقرر رئيسي للفيزياء. وقد نال النساء ٣٦ في المائة من منح الأداء الممتاز في ورش الفيزياء خلال الأربعة عشر عام الماضية ." على أنه حتى في ديكنسون ، سنجد أن النساء يقدرن معدل تمكنهن من أنفسهن من الفيزياء بما يقل بنقطة كاملة عن معدل نظرائهن من الذكور ، وذلك على الرغم من حقيقة أن متوسط الدرجات يتماثل لدى الجنسين . ويتسق هذا مع الدراسات الأخرى التي تبين أن النساء أقل ثقة بأنفسهن.

يتطلع بعض من أدلين بالإجابات إلى تغيير في البيئة عندما يصل
"ذكور التسعينيات" إلى السلطة . وهناك مجيبة أخرى أكثر تشككا : " لا يكفي
أن ننتظر وفاة رجال (الحرس القديم) . دعنا لا ننسى ما يجري ، إنهم هم
الذين يدربون (الحرس الجديد)"

ما يُفترض أن يكون

تعمل ديبورا كاتز أستاذة مساعدة للفيزياء في الأكاديمية البحرية
للولايات المتحدة ، وقد كتبت ما يلي :

" أنا أحب الفيزياء . وقد وقعت في هواها وأنا أدرس
فيزياء المدرسة الثانوية في هاواي ... وقد نلت في
المدرسة الثانوية جائزة الكيمياء وشجعتني مدرستي في
الكيمياء تشجيعا قويا على أن أواصل الدراسة ليكون
مستقبلي مهنيا في الكيمياء . وعندما درست مقررا في علم
الكمبيوتر ، شجعتني مدرستي على أن أواصل الدراسة
ليكون مستقبلي مهنيا في علم الكمبيوتر ، وعندما درست
الفيزياء ، شجعتني مدرستي على أن أواصل الدراسة
ليكون مستقبلي مهنيا في الفيزياء . وعندما ذهبت للكلية ،
كنت أظن أنني سأدرس المواد التمهيدية للطب (الأمر الذي
أسعد والديني) ... ودرست مناهج رياضية لمقرر
الفيزياء . وسرعان ما أدركت أنني لا أود أن أدرس الدراسة
التمهيدية للطب . ولم أكن شديدة الحماس للكيمياء ، ولكني
كنت أستمتع حقا بدراسة الفيزياء . (أثناء دراستها في
فصل الكيمياء التمهيدية للطب ، حصلت على أعلى درجة
في أول امتحان معلمي ، وعندها قام الطلبة الآخرون الذين

يدرسون الدراسة التمهيدية للطب بتخريب موقع عملها فى
المعمل

... كان عدد الطلبة صغيرا فى فصل دراسة
المستوى الرفيع للفيزياء. وكان معظم الطلبة قد درسوا
الفيزياء والرياضة بقدر أكبر كثيرا مما درسته . وبالتالى
فقد كنت ألقى الأستاذ أسبوعيا لإعطائى محاضرات
خصوصية . كان مدرسا رهيبا ... كما أن قسم الفيزياء
كان مكان مشجعا . واتخذت الفيزياء مادة رئيسية وتخلّيت
عن البرنامج التمهيدى للطب...

لم أدرك أن هناك شذوذا فى طبيعتى إلا عندما
حدث أن الأستاذ نفسه الذى شجعتنى على العمل معه خلال
الصيف سألنى وهو يساعدنى فى التقدم للالتحاق بمعهد
الدراسات العليا، لماذا أريد أن أدرس الفيزياء التجريبية ؟
وقال لى أن هذا أمر غير معتاد بالنسبة للنساء. وأنه يود
أن يعرف إن كان أبى قد أعطانى مطارق لألعب بها وأنا
طفلة . ولم يكن لدى إجابة . فأنا فحسب أحب الفيزياء .
هل على أن أبسط لذلك بعض سبب لا يحتاج لأنه يبسطه
أى نظير لى من الذكور ؟

عرفت فى معهد الدراسات العليا أن الفيزياء مادة
صعبة . لم يكن لدى فكرة عن ذلك . كانت دراسة الفيزياء
تواتينى على نحو طبيعى تماما وأنا طالبة قبل التخرج،
ولكن الدراسات العليا تكون بالطبع أصعب . كنت المرأة
الوحيدة فى فصل من ستة عشر طالب .

توصلت لصداقة بعض من أفضل أصدقائي في
معهد الدراسات العليا. وبدون مشاركتهم ، لربما تخليت
عن الدراسة. ومازلت أشعر أن معهد الدراسات العليا له
جوانبه المرمقة ... لقد نلت منح زمالة عديدة في معهد
الدراسات العليا. وأتذكر أن قلة من الطلبة الذكور كانوا
يعتقدون أنني نلت هذه المنح لأنني امرأة ... ولكنني أعرف
أنني عملت جاهدة وحصلت على درجات وتوصيات مهولة.

وكأستاذة ... فإني محظوظة جدا . فانا في قسم فيه
أربع استاذات أخريات (من بين خمسة وثلاثين) . ومن
محترفات ، ومشجعات ، وودودات. ولأول مرة أشعر بأن
في وسعي أن أكون أنثوية ، ومحترفة لمهنتي ، وأنال
أفضل احترام .

أمين. (١٥)

الهوامش :

1. Rachel Ivie and Katie Stowe, eds., Women in Physics (College Park, Md. American Institute of Physics. 2000), highlights.
2. U.S. physicists are not alone. The low participation rate of U.S. women in physics is the same as that of Europe's Protestant countries. In Catholic and Orthodox Europe, where high schools are still sex-segregated and physics is often a required course for university-bound students, the pattern is different.
3. See the works of David F.Noble, A World without Women: The Christian Clerical Culture of Western Science (New York: Oxford University Press, 1992) and Margaret Wertheim, Pythagoras' Trousers: God, Physics, and the Gender Wars (New York: W. W. Norton, 1995).

4. Vivian Gornick interviewed the then eighty-four-year-old I. I. Rabi in 1982. He, who had never had a woman graduate student, told Gornick that women were "unsuited for science." It was, as he explained to her, a matter of the nervous system. "It makes it impossible for them to stay with the thing..... Women may go into science ... but they will never do Great Science." Vivian Gornick, *Women in Science* (New York: Simon and Schuster, 1983), p. 36.
5. Gerhard Sonnert and Gerald Holton, *Gender Differences in Science Careers* (New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press, 1995).
6. Rita Colwell, Introduction to Elga R. Wasserman, *The Door in the Dream: Conversations with Eminent Women in Science* (Washington, D.C.: Joseph Henry Press, National Academy of Sciences, 2000). In Sonnert's and Holton's study, cited above, for all the sciences, 75 percent of women experienced gender discrimination; 12 percent of men did.
7. Laurie McNeil and Marc Sher, "The Dual-Career- Couple Problem," *Physics Today* 32-37 (July 1999), chart, p.3., based on an APS Membership Survey that also documents that of the 74 percent of male physicists who are married, 82 percent are not married to women scientists.
8. Nancy Hopkins, *A Study of Women Faculty in Science at MIT* (Cambridge, Mass.: MIT, 1999).
9. Wasserman, *The Door in the Dream*, p. 200.
10. *Ibid.*, p. 88.
11. *Ibid.*, p. 118.
12. *Ibid.*, p. 183
13. Harriet Zuckerman, Jonathan R. Cole, John T. Bruer, eds., *The Outer Circle: Women in the Scientific Community* (New York: W. W. Norton, 1991), p. 53.

14. This insight comes from a personal communication from Elga Wasserman.
15. The author wishes to express her appreciation to Dr. Eleanor Babko of the Council of Professionals in Science and Technology for providing so much of data quoted in this article and much guidance overall.

حالة

"الثقافتين"

ملفين شوارتز

منذ ما يقرب من أربعين عاما ألف سى. بى. سنو كتابا عنوانه "الثقافتان" بحث فيه الانفصال المتزايد بين الثقافة العلمية والثقافة غير العلمية.^(١) ولم يكن الحال هكذا دائما . فبالعودة وراء إلى أيام نيوتن وماكسويل ، نجد أن العلم كان يسمى "الفلسفة الطبيعية"، وكان يتوقع من المرء إن كان متعلما حقا أن يكون ضليعا فى معرفة تحركات الكواكب بمثل ما يكون ضليعا فى معرفة شكسبير . ولسوء الحظ فإن الحال لم يعد بعد هكذا. فمن النادر أن يستطيع أحد العلماء أن يتحدث عن الأدب والفنون؛ ومن الناحية الأخرى لا يوجد إلا قلة من الكتاب والفنانين الذين يفهمون النسبية وميكانيكا الكم . ونحن نتساءل عما إذا كان هذا الوضع مما يجب أن يبقى هكذا أو أننا إذا غيرنا الطريقة التى نعلم بها شبابنا سنتمكن من أن نعود ثانية إلى النقطة التى تمتزج فيها الثقافتان مرة أخرى فى عقول الأفراد المتعلمين .

منذ ما يقرب من عشرة أعوام رأست لجنة للتخطيط لمستقبل كلية كولومبيا (وكلية كولومبيا هى المعهد الرئيسى لتخريج الطلبة فى منظومة جامعة كولومبيا)، وذلك بوجه خاص فيما يتعلق بمنهجها الدراسى الأساسى. ظلت كلية كولومبيا لسنوات طويلة تلزم كل واحد من طلبتها بدراسة مقررات تتابع فى عامين وتغطى الأدب والتاريخ والفلسفة والموسيقى والفن. والحقيقة أنى أستمتعت أقصى الاستمتاع بأحد هذه المقررات وأنا طالب فى كولومبيا، وهو مقرر الانسانيات الأدبية . وتصادف أنى درسته على يد باحث مشهور بدراسته لدانتى، وهو البروفيسور جوزيف ماتزيو ، واكتسبت من دراسة هذا المقرر بصيرة نافذة فى عالم يتجاوز العلم. ولن نجد بين العلماء إلا عددا

قليلًا جدًا لديهم الإحساس بالمحتوى الثقافى فيما يتجاوز العلوم ، وخاصة بين من يتعلمون فى المعاهد الهندسية .

ومن الناحية الأخرى ، فإن المنهج الدراسى الأساسى كان فيه أدنى حد من البرامج لغير العلماء . وبدلاً من أن تصمم الكلية على أن يعرف كل طالب أساسيات العلم الحديث والرياضيات الحديثة ، فإنها تقبلت تدريس خليط من مقررات تعد نسبياً تافهة وغير مثيرة للاهتمام وذلك على أنها تقى بما يسمى بالاحتياجات العلمية . وبالتالى فإن لدينا وضع حيث يمكن للطالب أن يتخرج من كلية كولومبيا وهو لا يعرف ماذا تكون ميكانيكا الكم أو كيف يستخدم حساب التفاضل والتكامل . ومهما كان حساب التفاضل والتكامل هو فى الحقيقة نوع بارع من الطرح والجمع ، إلا أنه لا يوجد إلا عدد قليل جداً من المتقنين غير العلميين الذين لن يرتعدوا خوفاً عند سماعهم لهذا المصطلح. وطرحت على لجنتي أننا ينبغي أن نتعامل مع العلم كعاملنا تماماً مع الاتسائيات ؛ فينبغى بالنسبة لكل واحد من الطلبة بأجمعهم أن يُلزم بدراسات متابعة لمدة عامين تغطى فيها الاكتشافات الكبرى فى الفيزياء والبيولوجيا والكيمياء والرياضيات .

وعارض معظم العلماء الآخرين فى لجنتي هذه الفكرة معارضة كاملة. فقد شعروا أن التدريس هكذا للطلبة الجدد سوف ينتقص من الوقت الذى ينفقونه فى أبحاثهم . وحيث أن مستقبلهم المهني يعتمد على عدد ما يستطيعون انتاجه من أوراق البحث ، فإنه لن يكون لديهم الحافز للاشتراك فى برنامج كهذا . وما لم نتمكن من أن يكون لدينا كلية منفصلة للتدريس تستمد الاعتراف بها وسلطانها من التفاعل مع طلبة الجامعة ، فإن فكرة أن نجعل من العلم نشاطاً ثقافياً يستمتع به غير العلماء ليست إلا حلماً بلا طائل.

اسمحوا لى أن أقول كلمة أو كلمتين عن الرياضيات . الرياضيات بالنسبة لمعظم الناس هى مثل الحساب تماماً ؛ فيجب علينا أن نتعلمها حتى

نقوم بوظيفتنا فى عالم من التكنولوجيا . نحن نتعلم فى البداية كيف نجمع ونطرح ونضرب ونقسم . ثم نتعلم حساب التفاضل والتكامل حتى نصبح تكنولوجيا قادرين على الحياة . وليس من المرجح أن يلتقى أى واحد من غير العلميين فى أى جزء من تعليمه بمفاهيم رياضية مهمة مثل نظرية الزمر ، ونظرية الأعداد ، والتحليل المركب ، والتوبولوجيا ، والهندسة التفاضلية . والرياضيات الحقيقية تشبه الشعر كثيرا ؛ وهى تمثل بطرائق كثيرة نقطة الذروة فى الفكر البشرى . وإذا كنا نبحث عن نماذج لمن كان لهم دور مهم هكذا ، فيحسن بنا أن نتذكر أن برتراند راسل كان واحدا من أعظم العقول فى الفلسفة بالقرن العشرين .

ينشأ الكثير من الانفصام بين الثقافتين العلمية وغير العلمية بسبب فشل الناس فى التفرقة بين العلم والتكنولوجيا . وعندما يسمع الناس من يذكر ميكانيكا الكم ، فإنهم يفكرون فى القنابل الذرية . وعندما يسمعون من يذكر النظرية الكهرومغناطيسية ، فإن معظمهم يفكرون فى أجهزة التلفزيون . والأمر يشبه أن يفكر الناس فى كتب الطهى عندما يسمعون من يذكر شكسبير . وإذا كان المرء لا يهتم بطريقة عمل أجهزة التلفزيون ، فهل ينبغى أن يهتم حقا بالكهرومغناطيسية ؟

أدى هذا الخلط بين العلم والتكنولوجيا إلى تصرف سخيف من سيناتور بالولايات المتحدة طالب بأنه يجب على المؤسسة القومية للعلوم ألا تمول إلا الأبحاث التى لها قيمتها بالنسبة لحاجات الأمة . ويذكرنى هذا بما حدث ذات مرة عندما سأل أحد الصحفيين مايكل فاراداي فى مقابلة معه عما إذا كان للحث المغناطيسى^(٩) أى قيمة علمية . وأجاب فاراداي أنه لا يعرف، ولكنه متأكد من أن الحكومة ستجد طريقة ما لفرض الضرائب عليه . وفى

(٩) الحث المغناطيسى التمثيل بفعل مجال مغناطيسى . (المترجم)

وسع أى واحد منا أن يكون متأكد من أن اسحق نيوتن حينما وضع قوانين حركة الكواكب لم يكن يلتمس أى قيمة عملية مباشرة لذلك . كما أن ج. كلارك مكسويل لم يكن يبحث عن أى قيمة عملية حينما طرح المعادلات الأساسية للكهر ومغناطيسية .

حدثت فى هذا القرن ثورتان عظيمتان فى فهمنا للعالم الفيزيائى المحيط بنا . أولهما - وهى النسبية - وحدت ما بين الكهرباء والمغناطيسية وبينت كيف أن معادلات ماكسويل هى نتاج أساسى لقانون كولومب ، حيث تتأثر الشحنات أو تجذب إحداها الأخرى بقوة تتناسب مع معكوس مربع المسافة بينهما . والثورة الثقافية العظيمة الأخرى هى ميكانيكا الكم ، التى تفسر سلوك الذرات والجزيئات على المستوى الميكروسكوبى .

وعلى الرغم من أن هذه الاكتشافات العظيمة قد صنعت دون تفكير فى نتائجها التطبيقية ، إلا أن لها بالفعل استخدامات كثيرة من هذا النوع . والحقيقة أن الكثير مما يجعل حياتنا مريحة هو نتيجة اكتشاف ما للعلم الخالص من تطبيقات . لقد أدى فهم سلوك معجون السليكون إلى الدوائر المتكاملة وكمبيوتر الطاولة الصغير . وأدى فهم تركيب الجزيئات الكبيرة إلى اكتشاف دنا . لم يكن للبيولوجيا الجزيئية أى وجود وأنا طالب فى المدرسة الثانوية ، ولكنها الآن فيها ما يعد بالشفاء من أمراضنا بل وربما ستجعلنا ذات يوم مخلدين . عندما نأخذ فى الرغبة فى فهم القوانين الأساسية للطبيعة ، فمن ذا الذى يعرف إلى أين سيؤدى بنا ذلك ؟

ليس الصدع ما بين الثقافتين ناتجا بالكامل عن خطأ من غير العلميين . فيجب أن نقنع الكثيرين منهم بأن لدينا أمورا أكثر جدا لنستمع بها تتجاوز عالم العلماء بوضعيته الصارمة . كما ينبغي أن يكون هناك متسع للفن والموسيقى والتاريخ والفلسفة والأدب فى عالم العلماء . وربما نستطيع بهذه الطريقة أن نزيل الصدع ونعيد توحيد الثقافتين .

1. C. P. Snow, The Two Cultures and the Scientific Revolution (Cambridge, Mass: Cambridge University Press, 1960; reissue edition 1993).

إشعال ثورة تعليمية

مشروع الدراسة المفتوحة فى معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا

تشارلز م. فست

نحن نرى فى معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا أن نوع المستقبل المشترك للإنسانية على الأرض ، فيه مشكلة ضخمة تماما ، ولكنها أيضا مشكلة تستحق تماما أن نجد لها حلا ، ونحن نكرس لهذه الغاية جزءا كبيرا من دراستنا وأبحاثنا . يناضل المعهد فى الوقت نفسه من أجل أن يقود العالم فى تعليم له أساس علمى يتصف بأنه استثنائى فى فاعليته ليوصله إلى طلبة من كل أنحاء الكرة الأرضية يتصفون بأنهم استثنائيون ، وليس هذا فحسب بل أن المعهد يناضل أيضا من أجل أن يقود العالم فى تخطيط هذا النوع من التعليم. وقد أدى اهتمامنا بهذين الأمرين - أى بالأبحاث التى تغير العالم والتدريس بمستوى عالمى - إلى أن تولد فى هذا الربيع مشروع متفرد نأمل أن تكون له نفس الدرجة من الأهمية مثل كل خطى التقدم العلمى أو التكنولوجى التى انبثقت من معاملنا : إنه مشروع الدراسات المفتوحة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا .

أعلن المعهد فى ٤ أبريل ٢٠٠١ أن مواد مقرراته الدراسية كلها تقريبا سواء مواد دراسات التخرج أو الدراسات العليا ، ستكون متاحة دون أى مصاريف لأى فرد فى أى مكان فوق الأرض ، وذلك من خلال شبكة ويب المنتشرة عالميا . وقد وجه أحد الصحفيين بالفعل فى أول مؤتمر

صحفى سؤالا يقول ، لماذا بحق السماء يهب أساتذة المعهد أفكارهم مجاناً؟
ألا يشغل بالهم احتمال ما سيضيع من دخل ؟ وأجاب أحد الحاضرين من
أعضاء الكلية إجابة بسيطة هى : إن أئمن جائزة يمكن أن يغالها الباحثون
والمدرسون هى الاحساس بأن هناك أفرادا آخرين يجدون أن لأفكارهم
أهميتها ، وأنها فيها ما يلهم ويفيد - أى أن عملهم يمكن حقا أن يغير العالم.

ولما كنا فى كون تقوده آليات السوق ، حيث شبكتنا الانترنت وويب
يتزايد اعتبارهما كوسائل نقل للأفكار من أجل كسب المال ، فإن مشروع
الدراسة المفتوحة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا يبدو وكأنه يتعارض مع ما
هو بديهى . إلا أن أى عالم يمكنه أن يقول للقارئ أن الأفكار الجديدة الأكثر
إثارة تكون عادة هكذا .

انبثق مشروع الدراسة المفتوحة كنتيجة مذهشة لجهد مكثف من
الكلية والعاملين بها لتقرير ما تكونه المبادرة الرئيسية التى ينبغى أن يضطلع
بها المعهد فى مجال ناشئ هو التعليم عن بعد . وتوصلنا فى النهاية إلى أن
ندرك التحدى البيداجوجى ^(٩) الكبير الذى يواجهنا فى لحظتنا حتى نحدد ما
الذى سوف تعنيه ثورة الانترنت ، وما الذى ينبغى أن تعنيه، بالنسبة للتعليم
الأرقى فوق كوكبنا .

وقد واجهتنا بالفعل الحقيقة القاسية بأنه حتى فى وقتنا الحالى مازالت
أجهزة الكمبيوتر والانترنت غير متاحة إلا لخمسة فى المائة من سكان العالم.
ومن الواضح أنه حتى يكون للحوار أهميته بالنسبة للأغلبية العظمى من
البشر ، فإنه يجب أن تكون إحدى أهم الأولويات هى توفير أن يتاح التوصل
للكمبيوتر والانترنت على نحو أعظم لأفراد أكثر كثيرا فى كل أرجاء العالم .

(٩) البيداجوجيا علم التربية أو علم أصول التدريس . (المترجم)

وبالعمل معا فإن الحكومة والهيئات الصناعية والأكاديمية والمنظمات غير الحكومية يجب أن تجد الإرادة والمعدات اللازمة لتجسير الفجوة الرقمية .

على أننا نرى بصراحة أن هذا التحدى التكنولوجى هو الجزء السهل من المشكلة - وربما يكون مكلفا إلى حد بالغ ولكنه سهل . والقضية الحقيقية بالنسبة لنا فى المعهد كانت القضية الفكرية . فمع تزايد عدد الأفراد والمعاهد التى يتاح لها التوصل على الخط (on line) ، ما الذى تكونه احسن طريقة لاستخدام كل هذه التكنولوجيا للتعلم ؟ وبوجه خاص ، كيف ينبغي استخدامها ليكون فيها أكبر فارق مهم بالنسبة لمن يحتاجونها أكبر الاحتياج - أى أولئك الذين فى أجزاء من العالم معزولة بسبب الجغرافيا أو الفقر أو السياسة ؟

إحدة الرؤى التى ظلت شائعة منذ مولد الانترنت ، هى أن ينبثق من لوحة مفاتيح أجهزة تنوع من كلية شاملة : هيا نأخذ أفضل الأساتذة فى العالم فى كل مادة، ولنستحوذ على محاضراتهم الكترونيا، ونجعلهم متاحين على نطاق العالم كله .

مازال لهذه الفكرة أنصارها ، إلا أن لها أوجه قصورها . وعندما نذهب بهذه الفكرة إلى اقصى مدى لها ، سوف يتلقى مئات الآلاف من الطلبة على نطاق العالم المحاضرة نفسها بالضبط من الأستاذ نفسه بواسطة ماكينة ، وهذا فى رأى الخاص ليس إلا كابوسا . وبالإضافة ، فإن فيه صورة مرآة من نموذج " توصيل الشغل للمستهلك " ، أو التجارة الالكترونية من نوع B2C^(*) . والتجارة الالكترونية من نوع (B2C) هى إلى حد ما مهمة ومثيرة . ولكن تأثير الانترنت الحقيقى كعامل تغيير فى الأشغال والصناعة إنما يكون

B2C^(*) مخصصة الكلمات الانجليزية business-to-consumer أو "الشغل للمستهلك" .

(المترجم)

بنموذج التجارة الالكترونية من نوع توصيل الشغل للشغل أو B2B (*) - ونحن نعتقد أن الأمر نفسه سيصدق في التعليم . ومن المؤكد أن التسويق المباشر للمقررات الدراسية الجامعية، حتى تلك التي تتفاعل معا ، أمر له دوره في التعليم الكوكبي . إلا أن مصدر القوة الحقيقية سينشأ عندما يحدث أن تتشارك الكليات في الجامعات والمعاهد إحداها مع الأخرى في أنحاء العالم كله مشاركة مفتوحة في المواد التعليمية .

إن هذه الثورة الفكرية هي ما نأمل أن يشعل مشروع الدراسة المفتوحة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا . سوف تتضمن المواد المتاحة في المشروع مذكرات تفصيلية من المحاضرات ، والخطوط الخارجية للمقررات، وقوائم المراجع ، ومجموعات للمسائل ، ومقالات البحث المهمة، والمحاكيات ، والفروض العملية . على أن إتاحة التوصل لهذه المصادر 'لا' يعنى أن مستخدميها سيتمكنون أن ينالوا من المعهد درجة من (على الخط) بل ولا حتى أى وثيقة أكاديمية ؛ فمشروع الدراسة المفتوحة ليس محاولة للتعليم عن بعد على نحو تفاعلي . ولكن الأمر 'سوف' يعنى أن المعلمين والطلبة في العالم كله سيتمكنون من اختيار أى أجزاء تهمهم ، ويضيفون لها تذوقهم الخاص ، ويشكلونها لاستخدامها في سياق ما يخصهم هم من أبحاث ، ومنهج دراسي ، وثقافة ، وأهداف . وسيعنى الأمر أن المعرفة المتراكمة لكليتنا - ليس فحسب كباحثين بل وكمدربين محنكين - ستكون متاحة لتقيد معلمين آخرين في تعليم وإلهام طلبتهم هم أنفسهم . وسيعنى الأمر أنه كلما نشأ ما هو جديد في المعرفة والمحتوى التعليمي ، سوف يمكننا نشره في التو في أرجاء العالم كله - وهذه خطوة أساسية نحو سد الفجوة بين من يملكون المعلومات ومن لا يملكونها .

(*) B2B مخصصة الكلمات الانجليزية business-to-business . (المترجم)

ليس سرا أن الكليات الجامعية ظلت دائما تتشارك في مثل هذه المواد بطريقة غير رسمية فيما بين قلة من الزملاء والطلبة السابقين في المعاهد المتماثلة . ويجب علينا الآن أن نفعل هذا بأسلوب مفتوح وكوكبيا وبسرعة زمن الانترنت . سوف ينسج مبدعو ومستخدمو هذه المواد معا شبكة جديدة من المعرفة والتعلم على نطاق العالم كله، ستكون أداة مكملة وحافزة للإبداع بطرائق لا نستطيع حتى أن نتخيلها الآن .

نحن بكل تأكيد نأمل أن يكون مشروع الدراسة المفتوحة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا مفيدا بالنسبة للأفراد - ابتداء من طالب الثانوى الذى نضج مبكرا ويدرس البيولوجيا فى سنغافورة ووصولاً إلى مخطط المدن الذى يحارب التوسع العشوائى فى مدريد، أو حتى إلى طالب معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا الذى يلزم فراشه بسبب الأنفلونزا ولا يستطيع الحضور لفصله ! إلا أن الحقيقة أن معظم التعلم ، خاصة داخل الكليات والجامعات سوف يبقى كنشاط بشرى بكل عمقه ، يتأسس على النموذج القديم للإشراف والحوار . فتكنولوجيا المعلومات سوف تعزز دور المدرس، ولكنها لن تحل محله أبدا . وكل الأفراد ممن دخلوا فى أى من الكليات يستطيعون الادلاء بشهادتهم بأن ما تعلموه ، قد تعلموه فى جزء منه - وربما يكون جزءا كبيرا - من زملائهم من الطلبة . وهذه أبعاد لا يمكن لأى قدر من المعلومات وحدها أن يحل محلها .

وبالتالى فإننا للمرة الثانية نرى أنه عند اتباع نماذج (B2B) والمنظومة المفتوحة ، لن يكون جمهورنا الحقيقى هو أساسا الطلبة كأفراد، وإنما هو بالأحرى زملاؤنا الكوكبيون فى التعلم - ابتداء من أعضاء كلية فى غانا ينشئون جامعة هندسية جديدة ووصولاً إلى أستاذ فى ريو يلتبس طرائق أفضل لتوصيل الأسرار العميقة للاقتصاديات . فمصدر القوة الحقيقى

لمشروع الدراسة المفتوحة سيتأتى من الطرائق التى يتيح لنا بها أن نتشارك فى قدرتنا مع الكليات والمعاهد الأخرى .

انعكس حماسنا حول إمكانات مشروع التعليم المفتوح فيما تلقيناه من دعم على نطاق عالمى . فمذ صدور إعلاننا فى أبريل ٢٠٠١ ، تلقينا بالمعنى الحرفى الآلاف من رسائل الدعم والتحمس له من انحاء العالم كله .

وبالطبع فقد كان مما شجعنا بوجه خاص ، ذلك الدعم الأساسى الكريم الذى تلقيناه من مؤسسة اندرو و. ميلون ومؤسسة ويليام وفلورا هيوليت ، وسوف تقوم المؤسستان معا بتمويل البداية العصبية للمشروع ومرحلة الدراسة الاستطلاعية ، وقد تحدد موعد البداية ليكون فى خريف ٢٠٠٢^(١) وستفيد الخبرة التى نكتسبها من المرحلة الأولى فى تحديد تكلفة المرحلة الثانية وتحدياتها ، ومن المتوقع أن تستغرق هذه المرحلة ست سنوات إضافية.

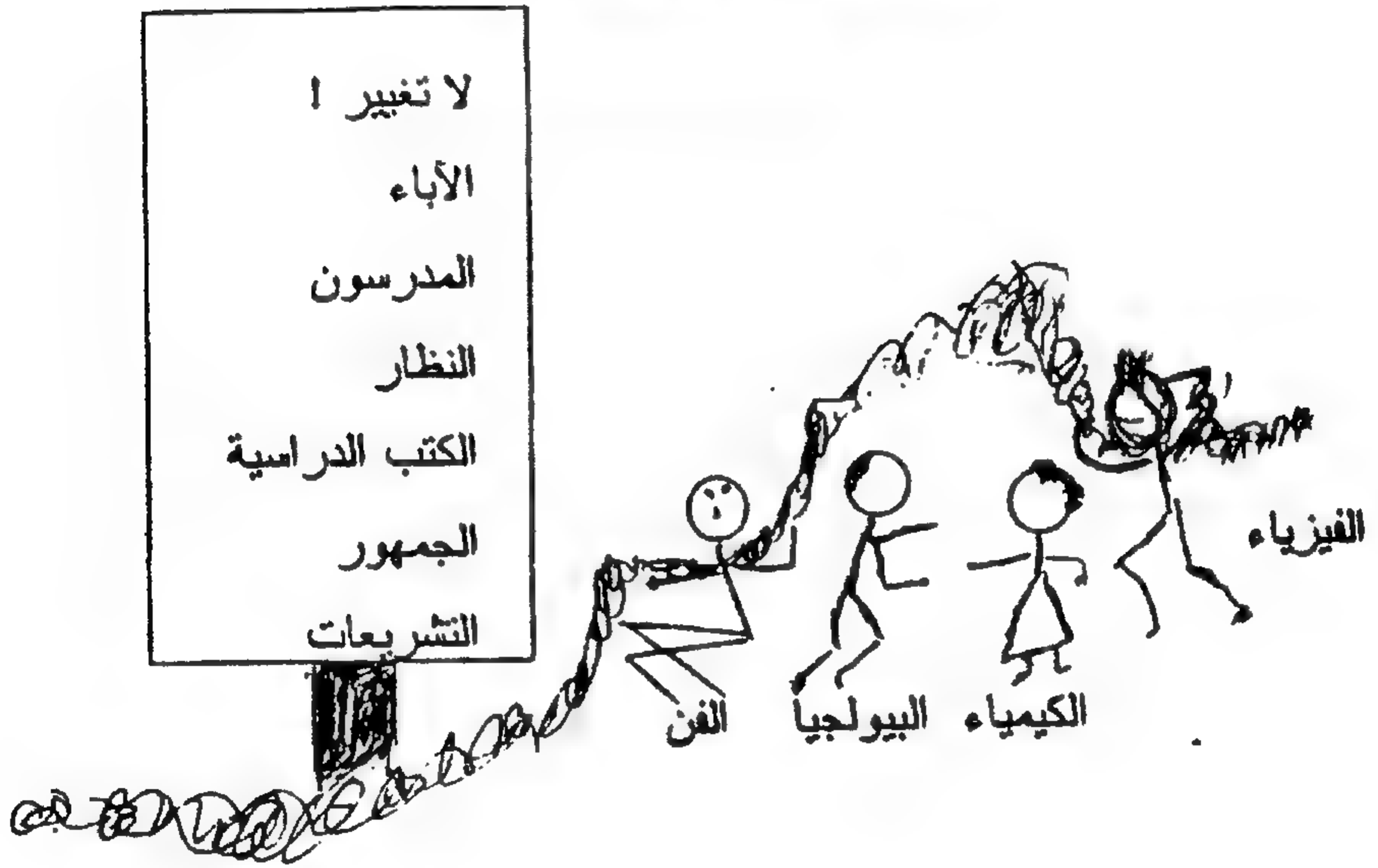
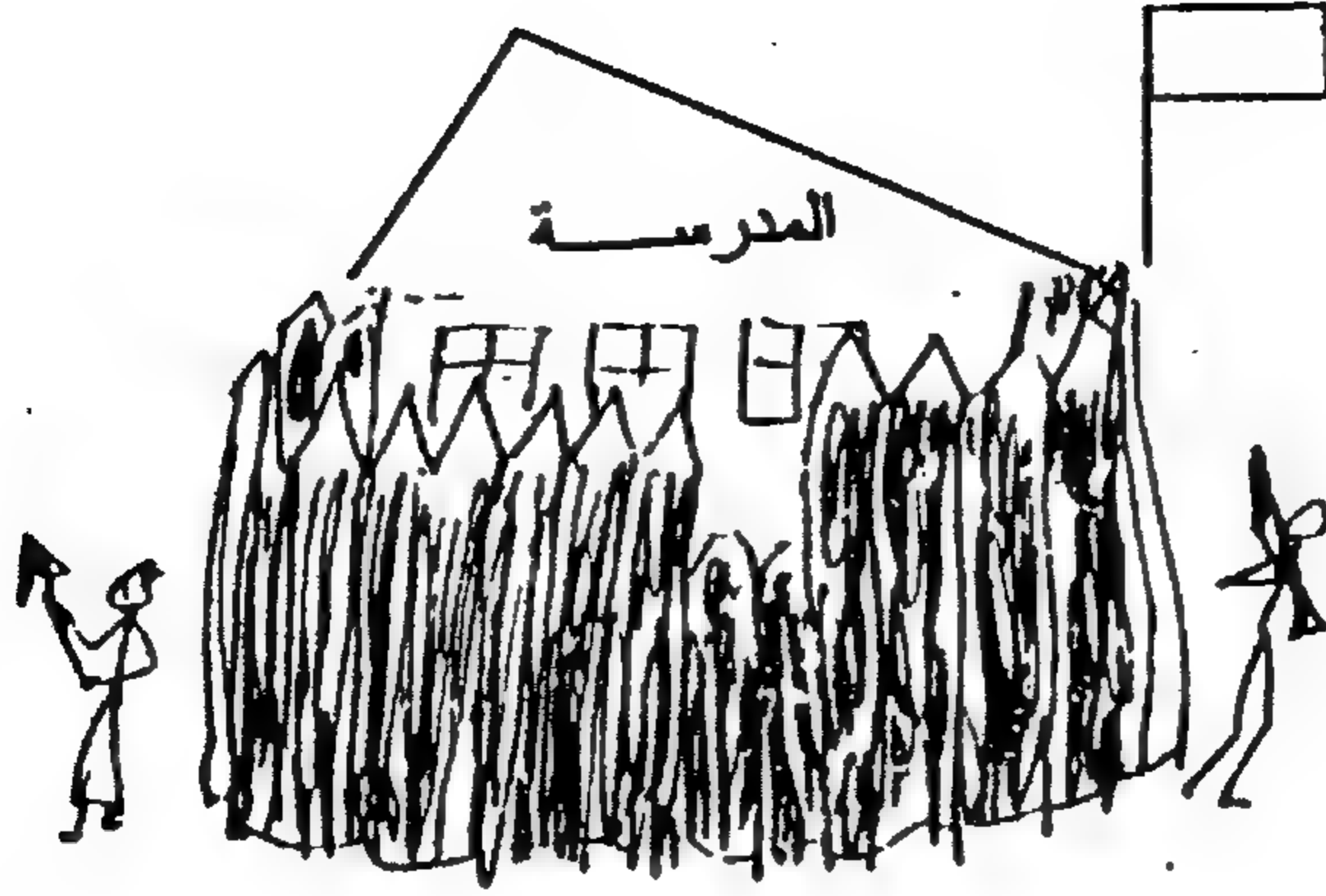
والآن وقد اتخذت هذه المبادرة مجراها على نحو جدى ، فمن الطبيعى أننا نتطلع إلى المستقبل ، وإلى رؤيتنا النهائية العظيمة للمشروع، وهى أن يكون للمعاهد الأخرى الإرادة والقدرة على أن تفتح واسعا أبوابها الفكرية هى أيضا - وأن يصبح مشروع الدراسة المفتوحة فكرة تنتقل عدواها على نحو رائع . ويقول بول برست ، رئيس مؤسسة هيوليت ، "نحن نأمل أن يلهم هذا المشروع بجهود معاتلة فى معاهد أخرى وأن يدعم المفهوم بأن من الأفضل أن يُنظر إلى الأفكار على أنها ملك مشاع لنا كلنا، وأنها ليست منتجات من ملكية خاصة يقصد بها توليد الأرباح".

ربما يكون مشروع الدراسة المفتوحة فى معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا منطلقا فى الطريق المعاكس للمزاج الحالى حيث تهيم من قيم السوق ، ولكنه إعلان فيه تمجيد عظيم لما يوجد على نحو متواصل فى شبكتى

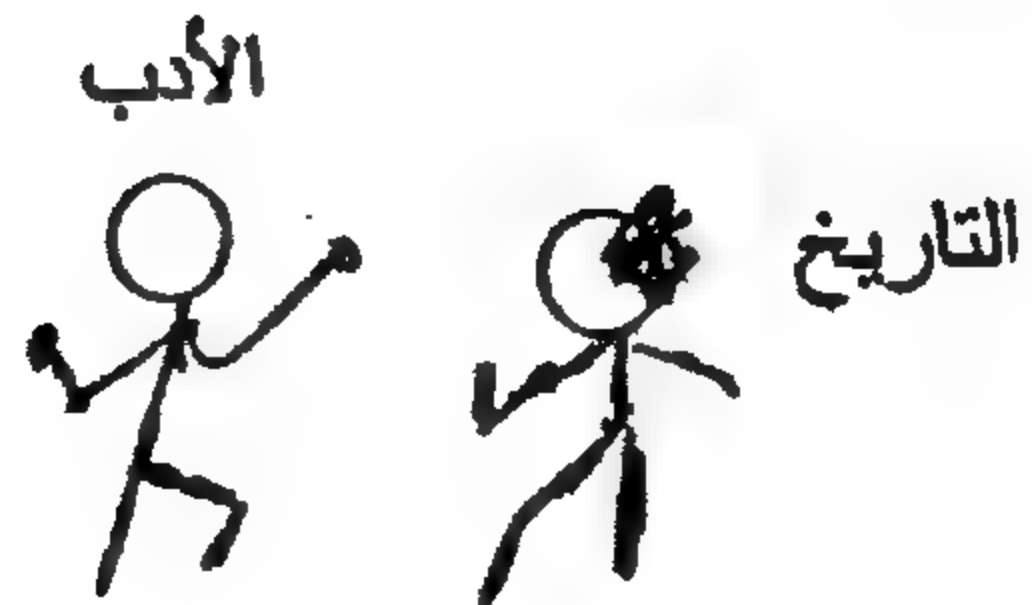
الانترنت وويب من الانفتاح الديمقراطي والفرص المتاحة . وهو تعبير بالغ الكمال عن القيم والتقاليد الأساسية لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا هو وكل ما في العالم من أروع المعاهد للتعليم الراقى . لقد بُنى المشروع على الإيمان بأن أقوى قوة للتغيير على وجه الأرض قد تكون حقا قوة التعليم ؛ وأن روح التعليم والتنامى البشرى هى المشاركة المجانية المفتوحة فى المعلومات والفلسفة ، ونماذج الفكر ؛ وأن التحدى الدائم الذى يواجهه رجال التعليم هو العمل على توسيع إتاحة توصيل العالم للمعلومات والأفكار وتشجيع الآخرين على فعل الشئ نفسه . إننا عندما نفتح بوابتنا الالكترونية ، نطل بذلك على بزوغ فجر بأمل هائل .

هامش

١ - بعد كتابة هذا المقال ، اطلق مشروع الدراسة المفتوحة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا أول عروضه على شبكة ويب - فى دراسة استكشافية من ثلاثين مقرا دراسيا ممثلة لكل المدارس الخمس للمعهد. وخلال الشهر الأول من عمل الموقع (<http://ocw.mit.edu>) تم تلقى ٤٢ مليون زيارة من ٣١٥.٠٠٠ زائرا منفردا، كان منهم ٣٠ فى المائة على الأقل من خارج الولايات المتحدة . وأتى الزوار من ١٧٧ بلدا مختلفا ومن كل القارات السبع بما فيها أنتاركتيكا (القطب الجنوبى).. وتلقى المعهد ما يزيد كثيرا عن ثلاثة آلاف رسالة بريد الكترونى عن الموقع ، وتكاد كلها تجمع على الامتنان أو التهنة. وقد فاقت هذه الاستجابة أقصى توقعاتنا وأكدت ما نؤمن به من أن مشروع الدراسة المفتوحة له إمكاناته فى أن يفيد فى تغيير التعليم فى العالم كله.



" انه يقول أن هناك
نقطة ضعف في بيولوجيا
الصف التاسع



الجزء الثانى

إعادة تشكيل إطار

تعليم العلم .

عن خلق المزاج العلمى

بروس ألبرتس

يسعدنى أن يكون لى شرف الإقرار بما قدمه ليون ليدرمان من إسهامات كثيرة فى التعليم ، وذلك عن طريق هذا المقال المختصر فى مناسبة عيد ميلاده الثمانين. وأنا كلما استمعت إلى ليون وهو يعزف إحدى لآزماته الموسيقية الرائعة عن أحد الأمور العلمية الجارية التى تثيره ، أخبر من ذلك ومضة استرجاع للماضى - متذكرا كيف كانت أسرار العالم الكثيرة تثيرنى وتحيرنى عندما كنت ألقاها أثناء طفولتى. ويذكرنى ذلك أيضا بما يمكن للمرء أن يشهده من حماس للتعلم عند زيارته لآى فصل فى رياض الأطفال - عندما يستكشف الصغار فى سن الخامسة العجائب الكثيرة التى يجدونها فيما حولهم .

ماذا ينبغى أن يكون الهدف المحورى للتعليم من أجل الحياة فى القرن الحادى والعشرين ، فى مجتمع سوف يخبر تغيرات سريعة كثيرة بسبب أوجه التقدم المستمرة المذهلة الناتجة عن العلم والتكنولوجيا ؟ أزعم أن الهدف فيما يجب هو أن ندعم ما عند صغار الأطفال من أفتنان بالتعلم - أثناء تقدمهم على مر ثلاثة عشر عاما أو أكثر فى منظوماتنا التعليمية التقليدية - وأن نوفر لهم فى الوقت نفسه المهارات التى سيحتاجونها ليبقوا ممن يتعلمون طول حياتهم تعليما فعالا . عندما يزور أى فرد فصلا دراسيا نمطيا للصف الثامن سوف يدرك أننا بعيدون حاليا عن هذا الهدف . ذلك أن المدرسة بالنسبة لعدد كبير من هؤلاء الذين يبلغ عمرهم الثالثة عشر ، تكون قد أصبحت تقريبا تدريبات لا أهمية لها عندهم ، وتبدو على غير صلة بحياتهم خارج المدرسة وغير قادرة على أن تنافس ما يوجد فى وسائل

الإعلام من الكثير من أوجه التسلية - فهذا مجتمع فيه إشباع. ولعل الأمر الأكثر إحباطا بالنسبة لليدرمان ، أنه عندما يحين الأوان لتخرج هؤلاء الطلبة من المدرسة الثانوية ، فإنهم يوضعون في أدنى مرتبة من القاع عند مقارنتهم دوليا فيما يتعلق بالرياضيات ، وتفهم العلم .

كيف يحدث أن دولة هي علميا وتكنولوجيا أكثر دول العالم تقدما، تظل تنتج سنة بعد الأخرى طلبة في السابعة عشر لهم هذه الإنجازات البائسة في العلم والرياضة؟ إن الإجابة على المستوى الأساسي ، إجابة بسيطة . ذلك أننا نجد أن معظم المجتمعات الكبيرة النابضة بالعلم والهندسة في الولايات المتحدة قد أصبحت منفصلة تماما عما يوفر للطلبة في سنوات ما قبل الكلية من تعليم للعلم والتكنولوجيا والرياضيات . والأسوأ من ذلك ، أن أقسام العلم والرياضة في جامعاتنا قد فشلت عموما في تدريس مقرراتها التمهيدية بطرائق تثير حماس الطلبة ، وتمكنهم من أن يمارسوا مباشرة حل المشاكل حلا علميا من خلال تطبيق تعليم يتأسس على البحث ، وربط تعليمهم ربطا واضحا بالعالم الذي يخبرونه خارج البيئة التقليدية للتعليم . وبالتالي فإن الكليات الحالية للعلم والهندسة والرياضة تحدد معارفها بالنسبة لآباء ومدرسي المستقبل بطرائق تتعارض مع نموذج تعلم العلم والرياضة والتكنولوجيا الذي أخذ يُطرح بقوة في الوثائق الحديثة عن المعايير القومية لهذه الفروع الثلاثة من المعرفة (المجلس القومي للبحوث ١٩٩٦ ؛ الجمعية الأمريكية لتقدم العلم ١٩٩٣ ؛ المجلس القومي لمدرسي الرياضيات ٢٠٠٠ ، مشروع التكنولوجيا لكل الأمريكيين ٢٠٠٠) . وكمثل ، تشجع هذه المعايير المدرسين في المدارس الثانوية على أن يدرّسوا مقررا تمهيديا بيولوجيا كسلسلة من استكشافات للأعماق يصل بها الطلاب إلى فهم موضوعات قليلة محورية فهما عميقا . على أنه سيكون من الغباء أن نتوقع أن يحدث ذلك إذا كنا نعرف البيولوجيا (تقرير ١٠١) في جامعاتنا المرموقة تعريفا يخالف ذلك ،

بأنها : مهمة هرقلية لأخذ عينات من كل المعارف التي اكتشفها البيولوجيون بشأن عالم الأحياء حتى يمكن للطلبة أن يعيدوا تكرارها في الامتحانات.

ما الذي نريد التوصل إليه عن طريق تعليم العلم في مدارسنا وكلياتنا؟ سيجيب معظم العلماء بأننا نريد أن نكتشف ونشجع أولئك الطلبة النادرين الذين لديهم القدرة ، والمزاج ، والاهتمام بأن يصبحوا العلماء القادة للجيل التالي . ولما كان الأساتذة العلماء حالياً قد تم اختيارهم هم أنفسهم بنظام يعلم البيولوجيا والكيمياء والفيزياء ، كمقررات كبيرة من المحاضرات مع معامل تعمل بما يشبه كتب وصفات الطهي - من غير إجراء بحث - فإن النزعة الطبيعية عند هؤلاء الأساتذة هي أنهم يفترضون أن النظام التعليمي الذي مارسوه يمثل " افضل العوالم الممكنة كلها" . وعلى أى حال ، فقد كانوا جميعاً من الطلبة الذين يحوزون أعلى الدرجات في هذه المقررات الدراسية، والذين تم اختيارهم أوتوماتيكياً على أنهم أولئك الذين تعلموا جيداً بهذه الطريقة التقليدية . ولكننا نعرف الآن أن الطلبة المختلفين يتعلمون أفضل تعليم بطرائق مختلفة ، ومن الواضح أن مقرراتنا التمهيدية سرعان ما تقصى أعداداً كبيرة من أفراد كان يمكن أن يصبحوا علماء بارزين لو أننا فقط وفرنا لهم أكثر من طريقة واحدة لاكتشاف مواهبهم واهتماماتهم .

إن المرء ليأمل في هذا العالم الذي تتزايد هيمنة العلم والتكنولوجيا عليه ، لو أن معظم أساتذة العلم أعطوا إجابة أوسع عن السؤال الذي طرحته أعلاه . نحن بالطبع نريد تشجيع علماء المستقبل، ولكننا نريد أيضاً أن نتوصل إلى هدف أكبر كثيراً ، هدف كان جواهر لال نهرو يتمناه للهند منذ نصف قرن : أن نخلق - من خلال مقرراتنا الدراسية العملية - "مزاجاً علمياً" لأمتنا (المجلس القومي للبحوث ١٩٩٨).

كم كان محبطاً لليدرمان ولى أيضاً أن نرغب معدل السرعة الفاترة التي أمكن لنا بها تحسين جودة تعليم العلم الذي نمد به كل الطلبة . وعلى أى

حال فإن النجوم تبدو وكأنها جميعاً فى صف واحد. وحسب أبحاث المسح والتحليل التفصيلية فى كتاب " تدريس المهارات الأساسية الجديدة " الذى ألفه ريتشارد مورنين وفرنك ليفى، فإن فيها ما يشهد بأن مجتمع الأعمال يُجمع فيما يبدو على رغبته القوية فى الحصول على خريجى مدارس ثانوية يستطيعون حل المشاكل ، والتفكير بالكم ، وأن يكونوا بوجه عام أكثر اتصافاً بأنهم " يعملون فكرهم ليدبروا عيشهم " (مورنين وليفى ١٩٩٦). وعندما نقرأ توصيفاتهم لأوجه النقص فى قوة العمل بالولايات المتحدة ، لا يملك المرء إلا أن يذهل مما يبدو من توافق كامل بين خلق خريج مدرسة ثانوية قادر على أن يكون مساهماً بإنتاجية فى اقتصادنا وبين نوع تعليم العلم المؤسس على البحث ، الذى تمت التوصية به بالنسبة لكل الطلبة من سن الخامسة حتى الثامنة عشر " فى المعايير القومية لتعليم العلم " (أنظر <http://www.nap.edu/catalog/9596.html>). وبنفس المنطق بالضبط، نجد أن هناك حاجة شديدة لوجود مهارات لحل المشاكل عند كل المواطنين، حينما يكون عليهم صنع خيارات حكيمة عندما يواجهون بالعدد الهائل من القرارات الشخصية والمجتمعية والقومية التى يحتاجون لاتخاذ قرار فيها فى ديمقراطيتنا تلك التى تتزايد أبداً فى تعقدها .

يجد بوب جالفن ، أحد قواد الصناعة الحديثة ، أن عليه الاحتفاظ فى مورتورولا بأعداد كبيرة من خريجى المدرسة الثانوية الذين اعدوا على نحو سئ حتى يمكنهم القيام بوظائفهم فى اعمال من أبسط مستوى ، وهو يقول :

إننا نجد أن معظم مواصفات المهارات الضرورية للأطفال لا تتضمن قائمتها "تعلم التعلم" ، فى حين أن هذه المهارة ينبغى أن تكون المهارة الأساسية التى تعتمد عليها كل المهارات الأخرى. إن الحقائق التى يحفظها الطالب هى أساس معظم الاختبارات التى تجرى الآن فى المدارس ،

وهذا أمر قليل الفائدة فى عصر تتضاعف فيه المعلومات كل سنتين أو ثلاث . ولدينا نظم خبيرة فى الكمبيوترات والانترنت تستطيع أن تمدنا بالحقائق التى تلزم لنا عندما نحتاجها . إن ما نحتاجه قوة العمل عندنا هو أن تستخدم الحقائق فى المساعدة على انشاء حلول للمشاكل .

ما الذى يحتاجه الأمر لصنع تقدم حقيقى فى توفير تعليم له جودته لكل الأمريكيين ؟ سيحتاج الأمر أول كل شئ إلى أن تلتزم كل الفئات المهنية التزاما دائما بالاتصال المباشر بعالم مدرس مرحلة (الحضانة - الصف ١٢)، وان نستمع إلى أصوات هؤلاء المدرسين، وآمالهم ، وأفكارهم حتى يكونوا على نحو فعال أنصارا داعمين لنظام تعليم عام يتم تحسينه تحسنا هائلا - ابتداء من مدارسهم المحلية . قضيت أكثر من ثمانية أعوام رئيسا للأكاديمية القومية للعلوم ، حيث كان أحد أهدافى الرئيسية هو العمل على تحسين جودة تعليم العلم فى مدارس أمتنا . وأعتقد أن إحدى أهم المهام التى تواجه التعليم الأكاديمى الآن هى الحفز على خلق اتصال منتج يجرى فى الاتجاهين ما بين أفضل علماء أمتنا والكثرة من مدرسى العلم فى كل المستويات ، أى أولئك الأبطال المتقانيين . وقد أقام لنا ليونارد ليدرمان من نفسه مثلا يلهمنا جميعا من حيث هذا الجهد الخطير .

والخلاصة ، أنه يلزمنا جميعا أن نتذكر أن التحدى الذى يواجه من يريدون ترقية التعليم هو أن يخلقوا نظاما تعليميا يستغل مالمدى الأطفال من فضول طبيعى ، بحيث يحتفظون بما لديهم من دافع على التعلم ، ليس فحسب أثناء سنوات الدراسة - وإنما فى حياتهم كلها .

وانهى مقالى بالاستشهاد بقول لريتشارد فينمان ، الذى كان مثل ليدرمان فيزيائيا متميزا وكذلك أيضا صاحب قدرة ملهمة فى التواصل . ذات صيف فى جبال كاتسكيل بنيويورك ، عندما كان فينمان صبيًا ، سأله صبي

آخر ، " أترى ذلك الطير؟ ما نوع ذلك الطائر؟" وأجاب فينمان ، "ليس لدى أدنى فكرة عن ذلك . " وأجاب الصبي الآخر "ألا يعلمك أبوك شيئا !" ولكن والد فينمان كان قد علمه 'بالفعل' ما يتعلق بذلك الطائر - وإن كان ذلك بطريقته الخاصة . ويتذكر فينمان كلمات والده:

"أترى ذلك الطائر ؟ إنه صдах سبنسر .(كنت أعرف أنه لا يعرف اسمه الحقيقي) ... تستطيع أن تعرف اسم هذا الطائر بكل لغات العالم ، ولكنك عندما تنتهي من ذلك ، ستجد أنك لا تعرف مطلقا أى شئ عن الطائر . سيدور ما تعرفه فقط حول أفراد البشر فى الأماكن المختلفة وما يسمون به الطائر . دعنا إذن ننظر إلى الطائر لنرى ماذا يفعله - فهذا هو الأمر المهم".

المراجع

American Association for the Advancement of Science. Benchmarks for Science Literacy. New York: Oxford University Press, 1993.

Murnane, Richard J., and Frank Levy. Teaching the New Basic Skills: Principles for Educating Children to Thrive in a Changing Economy. New York: Simon and Schuster, Inc., 1996.

National Council of Teachers of Mathematics. Principles and Standards for School Mathematics. Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics, 2000.

National Research Council. Every Child a Scientist: Achieving Scientific Literacy for All. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998.

National Research Council. National Science Education Standards. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996.

Technology for All Americans Project. Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology. Reston, Va.: International Technology Education Association, 2000.

إعادة التفكير فى العلوم الفيزيائية

فى برامج المدرسة

رودجر و. بايبي

كتب هذا المقال تكريما لإسهامات ليون ليدرمان فى تعليم العلم ، واستخدمت فيه علوم الفيزياء كمثال محدد للمناقشة بمدى أوسع لإصلاح المنهج الدراسى . سأعرض بعض التبصرات حول "المعايير القومية لتعليم العلم " (المعهد القومى للبحوث ١٩٩٦) وحول تقارير من "الدراسة الدولية الثالثة للرياضيات والعلوم" (وزارة التعليم فى الولايات المتحدة ١٩٩٦ و ١٩٩٧ و ١٩٩٨) . وآمل خلال هذه المناقشة أن أوسع منظورنا لإصلاح تعليم العلم المؤسس على معايير وأن أزود بتبصرات حول تصميم وتوصيل المناهج العلمية فى القرن الواحد والعشرين .

ما السبب فى المنهج المؤسس على معايير ؟

تكمّن قوة المعايير فى قدرتها على تغيير مكونات أساسية فى النظام التعليمى . وهذه المقدمة لها نقط أساسية عديدة تستحق الملاحظة . المعايير لها القدرة على أن تسبب تغييرا أو تؤثر فى التغيير ، إلا أن التغييرات الفعلية سوف تتباين حسبما يتم به تفسير المعايير بلغة من برامج المنهج ، وممارسات التدريس ، والسياسات التعليمية التى تخطط لتنفيذ وإستمرار التغييرات التى تتضمنها المعايير . تتضمن المعايير تغييرات فى جوهر التدريس ، الأمر الذى أعنى به محتوى المنهج ، وتكنيكات التدريس ، واستراتيجيات التقييم، وتعليم المدرسين ، وبرامج الترقية المهنية . وهذه نقطة مهمة فى عصر الإصلاح حيث نرى ابتكارات عديدة قد تكون لها جذارتها ولكنها ليست بالضرورة موجهة إلى تغييرات أساسية لها إمكانات عالية لدعم تعلم الطالب . وأنا أشير هنا إلى ابتكارات مثل الإدارة المؤسسة على الموقع،

وايصالات الاختيار^(٩) ؛ والمدارس التعاقدية^(١٠) وحتى يكون الأمر واضحاً فإن تقييم هذه الابتكارات يكمن فى النهاية فيما يتعلمه الطالب وليس فى قيمتها السياسية.

تؤثر المعايير فى النظام التعليمى بأكمله كنتيجة لحقيقة طبيعتها من حيث أنها مدخلات ، ولكنها أيضاً تعين "المخرجات" التى نستخدم بشأنها سؤالاً تحديدياً هو "ماذا ينبغى أن يعرفه الطلبة كلهم وتكون لديهم القدرة على فعله ؟" لقد ركزنا أساساً فى التاريخ التعليمى على "المدخلات" بأمل تحسين "المخرجات" - أى أن يكون تعليم الطالب تعليماً أكبر. وبالتالى فإننا مثلاً نغير طول زمن السنة المدرسية ، وطول المقررات الدراسية العلمية ، والكتب الدراسية ، والتكنولوجيات ، وتكنيكات التدريس. والمقصود من كل هذه المدخلات أن تدعم التعلم ، ولكنها ظلت غير متسقة ، وليست موجهة إلى هدف مشترك ، وتتركز حول جوانب مختلفة من النظام التعليمى . وتتميز الكثير من التحليلات المعاصرة للمنهج الدراسى للعلم بما فيها من انعدام التماسك والاتساق .

(٩) إيصالات الاختيار Vouchers : نظام إعطاء إيصالات للوالدين مقابل مبلغ من المال يدفعونه للولاية ، وتتيح لهم هذه الإيصالات حق اختيار المدرسة التى يدخلها أطفالهم والتى يرى الوالدون أنها الأفضل تعليماً، وذلك بصرف النظر عن أى قيود أخرى مثل مكان السكن وموقع المدرسة . (المترجم)

(١٠) المدارس التعاقدية Charter Schools : نوع من المدارس العامة التجريبية التى تتحرر من الكثير من لوائح المدارس العامة التقليدية بهدف تحقيق رؤية تعليمية معينة لخدمة مجموعة سكانية خاصة وذلك بإدارة فيها نوع من الاستقلال الذاتى ويتم فيها تعاقد بين المدرسة والهيئات المشرفة فيما يتعلق بالمنهج والنتائج المطلوبة .

(المترجم)

المعايير القومية وعلوم الفيزياء

ينبغي قبل أن نناقش المعايير القومية أن يتفهم القارئ المنظور الذى استرشد به بحثنا لهذا المشروع . سنجد بالنسبة لمعظم الطلبة أن بيولوجيا الصف العاشر تشكل خبرتهم النهائية بالعلم فى المنهج المدرسى للصفوف الأثنى عشر . ويمكننا ذكر ذلك بطريقة أخرى بأن نقول أنه حيث أن الكيمياء والفيزياء تدرس عموما فى الصفين الحادى عشر والثانى عشر حسب الترتيب ، فإن معظم الطلبة لا يتلقون مقررات علمية تقدم لهم مفاهيم علم الفيزياء الأساسية لفهم العالم الطبيعى . وهكذا فإن أحد أهداف المعايير القومية هو أن تطرح محتوى العلم والتوصيات عنه بطريقة ينتج عنها أن تصبح العلوم الفيزيائية جزءا من ممارسات الطلبة فى المدرسة الثانوية . وحتى نكون واضحين ومباشرين فإن المعايير القومية توصى بأن ينمى الطلبة "كلهم" ويتقنوا المفاهيم الأساسية المصاحبة للعلوم الفيزيائية .

على الرغم من أن معظم العلماء ومعلمى العلم يدركون الأبواب المذكورة فى الجدول (١) ويؤكدون على ما فيه من معايير ، إلا أنهم كثيرا ما تفوتهم الحقائق التعليمية والسياسية للتوصيات (وهم فى الغالب يطرحون دائما مفاهيم علمية أخرى أو يوصون بتوسعات لما يوجد منها فى تلك المعايير ، ولكن هذه قضية أخرى تستحق المناقشة) . تكمن الطبيعة الجسور للتوصيات فى حقيقة أنها تنطبق على "كل" الطلبة وبالتالي فإنها تتضمن أنه ينبغي تغيير شئ ما فى الطريقة التى تنظم بها المدارس البرنامج العلمى ، خاصة فى المنهج الدراسى للعلم بالمدرسة الثانوية . بمعنى أن "المعايير القومية لتعليم العلم" (المجلس القومى للبحوث ١٩٩٦) قد أرست سياسات، إذا تم تنفيذها ، تتيح للطلبة كلهم الفرصة لتعلم مفاهيم أساسية فى علوم الفيزياء . وبالنسبة لمن يهتمون بذلك من الولايات والمدارس ومدرسى العلوم ستصبح التغيرات فى المقرر نتيجة محتومة للمعايير القومية .

ينبغي على المرء أن يلاحظ نقطة رهيبة وإن كانت جوهريّة:
فالمعايير القومية تعين في خطوط عريضة محتوى العلم الفيزيائي وليس
المنهج الدراسي. وأستشهد هنا بما ورد في المعايير القومية :

المنهج الدراسي هو الطريقة التي يتم بها توصيل المحتوى ؛
وهو يتضمن البنية ، والتنظيم ، والاتزان ، والطرح للمحتوى
في حجرة الدراسة ... إن معايير المحتوى ليست دروس العلم،
أو الفصول ، أو مقررات الدراسة ، أو برامج العلم في
المدارس . ويمكن تنظيم مكونات محتوى العلم الذي وصفناه
عن طريق أنواع شتى من المنظور وتأكيد الاهتمام في مناهج
دراسية كثيرة مختلفة . ليس المقصود بالتخطيطات المنظمة
لمعايير المحتوى أن تستخدم كمناهج دراسية ؛ وبدلاً من ذلك
فإنه يُترك لمن يخططون وينفذون المناهج الدراسية في برامج
العلم معالجة ما يكونه مداها، وتتابعها وتنسيق المفاهيم ،
والمعالجات ، ورؤوس الموضوعات . (وزارة التعليم بالولايات
المتحدة ١٩٩٦)

من الواضح أن المعايير القومية تترك بنية المنهج الدراسي
للمحترفين من منشئ المناهج الدراسية ، مثل ما في " دراسة المنهج الدراسي
للعلوم البيولوجية " ؛ كما تترك أمرها للولايات ومنظومات المدارس ، مثل
المنطقة المدرسية الموحدة لكاليفورنيا وسان دييغو ؛ ولقواد التعليم العلمي
مثل ليون ليدرمان .

جدول (١) دراسة " المنهج الدراسي للعلوم البيولوجية بطريقة البحث
نظير للتصنيف من ٦ - ١١

دعنا نلقي نظرة أدق			دعنا نلقي نظرة		
١١	١٠	٩	٨	٧	٦
العلم كطريقة للمعرفة	العلم كطريقة للمعرفة	العلم كطريقة للمعرفة	العلم كطريقة للمعرفة	العلم كطريقة للمعرفة	العلم كطريقة للمعرفة
• تفاعلات الطاقة والمادة • بقاء الطاقة وتزايد الاضطراب • فصل للتكامل	• التقسيمات الكيميائية • الحركات والقوى • فصل للتكامل	• تركيب الذرات • تركيب وخواص المادة • فصل للتكامل	• نقل الطاقة • فصل للتكامل	• الحركات والقوى • فصل للتكامل	• خواص وتغير • خواص • المادة • فصل للتكامل
• المادة والطاقة والتظيم فسي • المنظومات الحية. • الاعتماد المتبادل بين الكائنات الحية • فصل للتكامل	• الأساس الجزيئي • للوراثة • التكاثر البيولوجي • فصل للتكامل	• الخلية • سلوك الكائنات الحية • فصل للتكامل	• التنظيم والسلوك • فصل للتكامل	• تنوع وتكيف الكائنات الحية • المشاعر والمنظومات • الإيكولوجية • فصل للتكامل	• البنية والوظيفة فسي • المنظومات الحية • التكاثر والوراثة • فصل للتكامل
• الطاقة في منظومة الأرض. • فصل للتكامل.	• أصل وتطور • منظومة الأرض • أصل وتطور • الكون • فصل للتكامل	• الدوريات الكيميائية - الأرضية • فصل للتكامل	• الأرض فسي • المنظومة الشمسية • فصل للتكامل	• تاريخ الأرض • فصل للتكامل	• بنية منظومات الأرض • فصل للتكامل
• منظور تاريخي	• طبيعة المعرفة • العلمية	• العلم كسمى بشري	• تاريخ العلم	• طبيعة العلم	• العلم كسمى بشري
• الطمس والتكنولوجيا لآراء التحديات المحلية ، والقومية ، والكوكبية . • مفاهيم حول العلم والتكنولوجيا • الموارد الطبيعية	• النمو السكاني • الموارد الطبيعية • نوعية البيئة • الصحة الشخصية • وصحة المجتمع	• الصحة الشخصية • وصحة المجتمع • المخاطر الطبيعية • والمخاطر التي يحدثها الإنسان • قدرات التخبط	• العلم والتكنولوجيا في المجتمع • مفاهيم حول العلم والتكنولوجيا	• الصحة الشخصية • السكان ، والموارد، والبيئات	• المخاطر الطبيعية • عملي • المخاطر الاستفادة • قدرات التخبط التكنولوجيا
		• نوعية البيئة التكنولوجيا			

وحدات
تكميلية
مؤسسة
علمي
المعايير

جاري تميمها

المراجعة الأخيرة ٢٠٠٧/١٠/١٠

الدراسة الدولية الثالثة للرياضيات والعلم

جذبت نتائج الدراسة الدولية الثالثة للرياضيات والعلم (د ث ر ع) انتباه المربين والجمهور في أواخر تسعينيات القرن العشرين ، أى فى الفترة نفسها مثل المعايير القومية . وباعتبار ما تجمع لدينا عن ضعف الانجازات العلمية حسب دراسة (د ث ر ع) هى والمعايير الجديدة فقد ثبت أن هذا كان فيه دافع قوى لنا لتعيد التفكير فى منهج العلوم ، خاصة العلوم الفيزيائية .

تمدنا دراسة (د ث ر ع) بسيناريو لما ينجزه الطالب ابتداء من الصفوف الأولى وخلال كل دراسته فى المدرسة الثانوية . وكانت للنتائج التى صورتها الدراسة تبصرات محبطة ؛ فأظهر طلبة الولايات المتحدة عمليا تزايد انخفاض انجازاتهم كلما وصلوا لصف أعلى . وعند مقارنتهم بالبلاد الأخرى نجد أنه كلما زاد الوقت الذى يقضيه الطالب فى المدرسة ، زاد انخفاض انجازه فى العلم . وفيما يلى بيانات أخذت من تقارير للمركز القومى لاحصاءات التعليم بشأن دراسة (د ث ر ع) وتلخص سيناريو انجازات الطالب فى الصف الرابع والثامن والثانى عشر .

- عند مقارنة طلبة الصف الرابع فى الولايات المتحدة فى كل من العلم والرياضة مع الدول الست والعشرين فى تقييم دراسة (د ث ر ع) للصف الرابع نجد ان درجاتهم فوق المتوسط ... ونجد فى العلم أن ١٦ فى المائة من طلبة الصف الرابع فى الولايات المتحدة تصل مرتبتهم إلى أعلى عشرة فى المائة فى العالم ... لا يفوق طلبتنا فى أدائهم إلا بلد واحد فقط - وهو كوريا (وزارة التعليم فى الولايات المتحدة ١٩٩٧) .

- تقل درجات طلبة الصف الثامن فى الولايات المتحدة عن المتوسط بالنسبة لانجازهم فى الرياضة وتزيد عن المتوسط بالنسبة لانجازهم فى العلم ، وذلك عند مقارنتهم بالدول الإحدى والأربعين فى تقييم دراسة

(دث رع) . ونجد بالنسبة للعلم ، أن الترتيب الدولي لطلبتنا فى الصف الرابع بالنسبة لعلم الأرض ، و علم الحياة، والقضايا البيئية هو ترتيب أقوى مما فى الكيمياء والفيزياء (وزارة التعليم فى الولايات المتحدة ١٩٩٦) .

• تبلغ درجات طلبة الصف الثانى عشر فى الولايات المتحدة أقل من المتوسط الدولى وهم من بين أقل إحدى وعشرين دولة فى دراسة (دث رع) بالنسبة للرياضيات وكذلك أيضا المعلومات العامة فى العلم وذلك فى السنة النهائية من المدرسة الثانوية (وزارة التعليم فى الولايات المتحدة ١٩٩٨) .

وفى ضوء هذه المناقشة بالذات ، نجد أن درجات طلبة الصف الرابع فى علوم الفيزياء هى الأقل عند مقارنتها بالعلوم الأخرى (وإن كانت أعلى من المتوسط) (تقرير وزارة التعليم فى الولايات المتحدة ١٩٩٧) . ونجد عند الصف الثامن أن درجات الطلبة فى الفيزياء والكيمياء لا تختلف اختلافا له مغزاه عن المتوسط الدولى، ولكنها أقل من درجات طلبة الولايات المتحدة فى علم الأرض ، و علم الحياة ، والقضايا البيئية . والحقيقة أن درجات طلبتنا الأفضل من المتوسط بالنسبة لقضايا البيئة ، و علم الأرض ، و علم الحياة ، هى التى يرجع إليها السبب فى أن التقدير العام لدرجات العلم يصل إلى فوق المتوسط (وزارة التعليم فى الولايات المتحدة ١٩٩٦) . ونجد عند الصف الثانى عشر أن درجات طلبة الولايات المتحدة تقع بين أقل الدرجات، وأن الإنجاز بالنسبة لعلوم الفيزياء هو بأقل الدرجات بالنسبة لكل العلوم.

البيانات المذكورة أعلاه توصف إنجاز الطلبة "ككل" . على أن إنجاز طلبة المستوى الرفيع لهو حتى أكثر إحباطا . وبالاستشهاد بالتقرير فإن " أداء طلبة الولايات المتحدة فى الفيزياء ورياضيات المستوى الرفيع تقع مرتبته بين أدنى ستة عشر قطر أجرى لها تقييم الفيزياء ورياضيات هذا المستوى

(وزارة التعليم فى الولايات المتحدة ١٩٩٨) . والحقيقة أنه لا توجد أقطار درجاتها أقل من الولايات المتحدة فى تقييم الفيزياء . أما طلبة الولايات المتحدة الذين درسوا أو مازالو يدرسون مقررات المستوى الرفيع فى الفيزياء فقد كان أداؤهم أفضل ، ووصلت درجاتهم إلى ما هو أحسن من درجات فرنسا والجمهورية التشيكية كما زادت درجاتهم زيادة لها مغزاها عن النمسا .

الاستنتاج الذى وصلت له من هذه النتائج هو أنه قد حان الوقت لأن نعيد التفكير فى المنهج الدراسى للعلم ، خاصة بالنسبة للعلوم الفيزيائية، ويمكن استخدام ("المعايير القومية لتعليم العلم" ١٩٩٦) كأساس للعلوم الفيزيائية . وعندما نعيد التفكير فى المنهج الدراسى للعلم يجب ان نعالج أمر قضايا منهجية أساسية عديدة .

إعادة تخطيط المنهج الدراسى للعلم

ينتج ما يتعلمه الطلبة فى المدرسة عن عوامل كثيرة . وهذا تبصر يبدو نسبيا أنه أمر جلى . أحد العوامل الواضحة هى المنهج الدراسى وهناك عامل آخر هو الفرصة التى تتاح للطلبة لتعلم محتوى له قيمته . وتوفر دراسة (دث رع) أمثلة لبلاد كان أداؤها أفضل وأخرى أداؤها أسوأ بالنسبة للمحتوى حسب الاهتمام به فى نوعى البلاد بالترتيب . وكمثل ، نجد فى الولايات المتحدة أن طلبة الصف الثامن ترتيبهم هو الثانى بين البلاد فى دراسة (دث رع) فيما يتعلق بموضوعات "دورات الحياة والوارثيات " التى تُعلم على نطاق واسع فى المدارس الابتدائية والإعدادية. أما بالنسبة "للتغيرات الفيزيائية" فإن ترتيب طلبتنا يقترب من القاع بين البلاد فى دراسة (دث رع) بما يعكس اهتماما أقل بالنسبة لها فى المناهج الدراسية للولايات المتحدة (المجلس القومى للبحوث ١٩٩٦ ؛ شमित وماك نايت ١٩٩٨).

يمكن للمرء أن ينظر أمر قضايا شتى عند إعادة تخطيط المنهج الدراسي للعلوم . وكمثل هناك الوقت ، والتوقعات ، وعدد الموضوعات ، وترتيب الموضوعات وزيادة التأكيد أو الإقلال من التأكيد على الموضوعات. وبالنسبة لمقدار الوقت المخصص للعلم فى الصفين الرابع والثامن يقضى طلبة الولايات المتحدة وقتا فى دراسة العلم 'أكثر' مما فى بلاد كثيرة فى دراسة (دث رع) (وزارة التعليم فى الولايات المتحدة ١٩٩٦) . ويبدو أن طلبتنا يتوفر لديهم الوقت لتعلم العلم ، وبالتالي يجب أن تكون هناك ملامح أخرى من المنهج ننظر فى أمرها عندما نعيد التفكير فى وضع علم الفيزياء فى برنامج المدرسة . ونستطيع على وجه التحديد أن ننظر أمر تركيز المنهج، وتماسكه ، والفاعلية الأكاديمية .

التركز فى المنهج يقيس ما لدى الطلبة من وقت وانتباه وفرصة متاحة لتعلم المحتوى. يطرح على الطلبة فى الولايات المتحدة موضوعات عددها أكثر فى زمن أقل مما يُطرح على نظرائهم فى البلاد الأخرى . ومن الواضح أن ما يتعلمونه أقل مما يتعلمه نظرائهم فى بلاد دراسة (دث رع) . وهذا مثل يبين أن "كما أكبر يعنى فهماً أقل " عندما يتعلق الأمر بتركيز المنهج والتعلم (شميت وآخرون ١٩٩٩).

التماسك فى المنهج الدراسى ملامح آخر يستحق النظر فى أمره . يقيس التماسك ترابط أفكار العلم والمهارات عندما تتاح للطلبة فرص تعلم أفكار محددة وتنمية المهارات بمرور الوقت . ونجد فى المنهج الدراسى التماسك أنه يتم على مر الوقت طرح وتنمية المحتوى بسلاسة وعن قصد. يتم طرح المحتوى العلمى مثل "خواص الأجرام والمواد" من خلال الأنشطة فى مستوى الحضانة حتى الصف الرابع. ثم تصبح هذه المفاهيم بعدها الأساس لأنشطة أكثر تعقدا تدور حول "خواص المادة وتغيرات هذه الخواص" و"بنية الذرات" وذلك فى الصفوف من ٥ - ٨ ومن ٩-١٢.

وأخيرا ، فقد لاحظت انعدام الفاعلية فى المناهج الدراسية للعلوم . وأنا أشير بذكر هذه الفاعلية إلى طرح وتنمية المفاهيم والمهارات التى تعد أساسية للعلم . فإعادة تخطيط المنهج الدراسى للعلوم تتطلب رؤية واضحة موحدة . وينبغى أن يكون المحتوى مركزا ، ومتماسكا ، وفعالا .

تخطيطات جديدة لعلوم الفيزياء

توفر دراسة (د ث رع) أساسا منطقيا لأن نضمّن المزيد من علم الفيزياء فى برامج المدرسة وتوفر المعايير القومية المحتوى الذى ينبغى تدريسه ، ثم يتبقى لنا ما يلزم لتنظيم المناهج وما يلزم لمشاكل التخرج وتسلسل ما يقدم من مقررات . وهناك توصية من أجرا التوصيات المعاصرة صدرت عن ليون ليدرمان وهى ما طرحه من أن يكون تدريس الفيزياء أولا فى الصف التاسع . ثم يعقب مقرر الفيزياء مقرر للكيمياء والبيولوجيا فى الصف العاشر والحادى عشر حسب الترتيب (ليدرمان ٢٠٠١ ؛ باردين وليدرمان ١٩٩٨) . وتصلح هذه الطريقة للتناول فى تلك الولايات والمناطق المدرسية التى تتطلب دراسة العلم لثلاث سنوات من أجل التخرج . ولاريب أن هذه الطريقة تضع علم الفيزياء فى موضع منهجى ، ينتج عنه زيادة عدد الطلبة الذين يتعلمون بعض محتوى العلم الأساسى مثل تحولات الطاقة ، والقوى والحركة ، وبنية وخواص المادة .

نستطيع أيضا أن نتبع تخطيطا جديدا لعلوم الفيزياء بأن نطرح طريقة تتناول متكاملة للصف التاسع ، والعاشر ، والحادى عشر . وتعمل حاليا (دراسة المنهج الدراسى للعلوم البيولوجية) فى صنع برنامج متكامل فيه محتوى علمى من المعايير القومية . ويعرض الجدول (١) محتوى دراسة المنهج الدراسى للعلوم البيولوجية.

وسواء استخدمت طريقة تتناول الفيزياء أولا أو طريقة تتناول التكامل ، فإن التخطيط الجديد للمنهج الدراسى سيتطلب ثلاث سنوات لدراسة العلم ،

وأن يكون فيه تغيير له مغزاه بالنسبة لنظم المدارس ، كما يتطلب دعماً
تتموياً مهنياً لمدرسي العلوم .

توصيل منهج دراسي مؤسس على المعايير : إجابة شائعة

ماذا يتطلب الأمر لتوصيل محتوى علم الفيزياء في منهج دراسي
مؤسس على المعايير ؟ قبل إصدار المعايير القومية كنت سأجيب عن هذا
السؤال بأسلوب هو إلى حد كبير بسيط ومباشر . كنت سأقدم عندها بإجابة
تعليمية شائعة . استخدام معايير المحتوى كأساس للتخطيط ، وإنشاء وتنفيذ
مادة تدريسية . كما أنى من حيث توضيح تفاصيل هذه التوصية كنت
سأوصف خصائص مواد تدريسية ابتكارية ، وطرق التناول المختلفة
بالتدريس لتنمية فهم الطالب وقدراته ، والحاجة إلى تناول مشاغل مدرسي
العلم ، وأهمية الدعم الإداري من أجل تنفيذ المواد الجديدة . وكنت سأطرح
بعدها الحاجة إلى الجمع بين التنمية المهنية وإصلاح المنهج الدراسي لأن
الأمر في النهاية أن مدرسي العلم هم المسئولون عن إرساء وتنمية الروابط
بين محتوى المنهج الدراسي وبين تفهم الطلبة العلمي وقدراتهم العلمية .

صدرت " المعايير القومية لتعليم العلم " في أواخر ١٩٩٥ ، وتعلمنا
جميعاً بعض دروس مهمة يتسع نطاقها لما يتجاوز الإجابة التعليمية التي
وصفتها في التو. وعلى الرغم من أن توصيل منهج دراسي مؤسس على
المعايير قد يكون أمراً واضحاً من حيث النظرية التعليمية ، إلا أن إصلاح
المنهج الدراسي للعلم ليس بالأمر البسيط في مجتمع ديمقراطي . فهناك
تحدي يبيده الأفراد والجماعات لكل فكرة المعايير والمحتوى والتوجيه
المحدد للمعايير في الدولة والولاية هي والمعايير المحلية . ووصلت أوجه
الخلاف السياسية حول المعايير إلى درجة أشد وأكثر قسوة مما توقعه
الكثيرون . ونحن ، في رأي ، نحتاج إلى فهم ما يحدث عندما تحاول النظم

التعليمية تنفيذ برامج علم مبتكرة . ونحن بوجه خاص نحتاج إلى تأكيد وإدراك أعظم لأهمية الحوار بين المواطنين بشأن القضايا التعليمية المهمة مثل المعايير القومية وإصلاح المنهج الدراسي للعلم. ونحن عندما نقدر أهمية الحوار المدنى وتطبيقه على مستوى الدولة والولاية والمستوى المحلى فإن هذا يمكن أن يهيا المسرح لتوصيل منهج دراسى مؤسس على المعايير . أما وقد انتهينا من قول هذا ، فنبقى هناك جوانب أخرى من إصلاح المنهج الدراسى يجب علينا إدراكها .

منظور أوسع لإصلاح المنهج الدراسى

من الواضح أن هناك حاجة إلى مواد تدريسية بنماذج ممثلة ، تُصمم وتُتَشَأ لتوفير الفرص للطلبة لتعلم محتوى العلم الذى تم توصيفه فى المعايير. ومما يخدمنا كمثال لهذه النقطة ، مناقشة القضايا المتعلقة بعلم الفيزياء . وبالتالى ، فإنه يجب أيضا أن يكون هناك تقييمات تواكب ذلك المحتوى . وكما سبق أن ذكرت ، فإن الجمع بين الترقية المهنية وإصلاح المنهج الدراسى أمر يعد ملمحا أساسيا لآى إجابة معاصرة عن مسألة إصلاح المنهج الدراسى . أما وقد قلنا ذلك ، فإنى أود أن أحول الانتباه عن منظور تعليمى يركز على الإمداد ، إذا استخدمنا استعارة اقتصادية لينتجه إلى منظور يركز على الطلب ، فهذا منظور يبدو فيه استجابة ضرورية وأكثر كفاءة فيما يتعلق بقضايا الإصلاح المستمر للمنهج الدراسى . وإذا بقينا نستخدم الاستعارة الاقتصادية ، فإننا ينبغى أن ننظر فى أمر أن نجعل الطلب يزداد على البرامج المؤسسة على المعايير.

وأنا أعتبر أن الجملة التى سبق استخدامها وهى ، "توصيل منهج دراسى مؤسس على المعايير" إنما تعنى ما هو أكثر كثيرا من مجرد الكتب، أو صناديق طاقم الأدوات Kits ، والمواد الأخرى التى يتم توصيلها إلى باب مبنى المدرسة . فالتوصيل ينبغى أن يعنى حرفيا أن يمارس الطلبة برنامجا

مؤسسا على المعايير. وحتى ننجز ذلك ، سيكون علينا أولا إرساء دعم الجماهير للحاجة إلى تغيير المنهج المدرسى الحالى للعلم . وسيكون على رجال التعليم إثبات الحق فى قضية المعايير وما يتلو ذلك من اصلاح برنامج العلم . ويبدو أن من الأمور الأساسية لإرساء الطلب على منهج دراسى مؤسس على المعايير العمل على اقناع الجمهور العام مع تغيير سياسات الولاية والسياسات المحلية بالنسبة مثلا لما يلزم لاتخاذ القرار ، وتخصيص الموارد ، وتقييم الممارسات . يؤدى ظهور الطلب على برامج مؤسسة على المعايير إلى إرساء قوة تتوازى مع التسويق القوى الذى يُستخدم لدعم ما هو تقليدى من الكتب الدراسية والاختبارات فى مدارسنا .

ويجب أن يستجيب رجال التعليم لمسألة وجود حوافز من أجل بداية إصلاح للمنهج بواسطة أولئك المسئولين عن تعليم العلم . ماذا يوجد حاليا من حوافز للمناطق المدرسية ، والمدارس ، ومدرسى العلوم حتى يختاروا منهجا مدرسيا مؤسسا على المعايير ؟ أعتقد أن الاجابة هى أنه لا يوجد أى منها . فى استطاعتنا أن نناقش أهمية "أن نفعل ما هو صحيح تعليميا" بالنسبة لكل الطلبة ، ولكننا عند مواجهة السياسات فى كل ولاية والسياسة المحلية ، وتخصيصات الميزانية ، وضغوط الآباء ، والصراعات الإدارية ، ونقد الأتداد . وغير ذلك من القوى ، سيظهر أن الحوافز لإصلاح المنهج الدراسى ليست فى أحسن الأحوال إلا أمرا هامشيا. وهناك حوافز اقتصادية وسياسية وكثير من الحوافز التعليمية كلها تعمل للحفاظ على الطرق الحالية لتناول برامج العلم المدرسية .

يمكن للمرء أن يتساءل بما هو معقول عن دور اختبارات المراحل المصيرية وما تؤديه فى نظام الحوافز الحالية لاصلاح المنهج الدراسى . من الواضح أن تقييمات الاختبارات المصيرية تؤثر فى اصلاحات المنهج، ولكنها ليس لها التأثير الذى نطرحه فى هذا المقال . وما أكثر ما نسمع أن مدرسى

العلم يكون عليهم التحول عن المنهج الدراسي ، وأن "يُدرّسوا من أجل الاختبار" . وأنا أحاج بأنه فيما يتعلق بتقدير قيمة هذه الاختبارات كحافز لإصلاح المنهج فإنها تشكل عامل ارتداد وليست عامل تقدم ، من حيث أنها تؤكد على حفظ الحقائق عن ظهر قلب وتؤدي إلى خفض مستوى المعرفة بدلا من أن تؤدي إلى مستويات أعلى من الفهم . وإنما ستمثل التقييمات حافزا لإصلاح المنهج بدرجة ما تكون متسقة مع المعايير .

وأخيرا ، فأنى أعود إلى الحاجة إلى الترقية المهنية . على أن هذه التوصية لها طبيعة مختلفة هونا عن التوصية التي تربط الترقية المهنية بتنفيذ مواد تدريسية مبتكرة . وما أناقشه هنا هو أهمية تعليم مدرسي العلوم بشأن المفاهيم الحالية لتعلم الطلبة ، وتعييدات تخطيط منهج مؤسس على المعايير ، ودورهم في إصلاح المنهج المدرسي . ينبغي أن تؤدي الترقية المهنية إلى تشجيع التغيير في جانب الطلب وهو أحد الجانبين اللذين يشكلان معادلة إصلاح المنهج . والخلاصة أننا ينبغي أن نعلم المدرسين وغيرهم من المهنيين بحيث تتضح لهم الحاجة إلى مواد منهجية مؤسسة على المعايير وخصائص هذه المواد . وكمثل ، فإنني أعتقد أن الكتب المدرسية سوف تتغير بسبب أوجه الطلب في السوق .

الاستنتاج

في هذا المقال نجد أن علوم الفيزياء تعين لنا أفكارا عديدة فريدة ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار عند أي إجابة عن الأسئلة التي تركز على أي إعادة تفكير في البرامج المدرسية للعلم . ولست أزعم أن هذه أسئلة يسهل الإجابة عنها أو أنها قضايا يسهل حلها ، وإنما أزعم فقط أنها مهمة ؛ ولم يعالج أمرها إلا نادرا ، في حين أنها يجب أن تكون جزءا من أي محاولة لتوصيل منهج دراسي مؤسس على المعايير . (١)

هامش :

(١) طرحت اجزاء من هذا المقال فى أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم فى
١٢ أبريل ٢٠٠٠ .

المراجع :

Bardeen, Marjorie G., and Leon Lederman. "Coherence in Science Education." *Science* 281 (1998): 178-79.

Lederman, Leon. "Revolution in Science Education: Put Physics First !" *Physics Today* 54 (2001): 11-12.

National Research Council. *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996.

Schmidt, William H., and Curtis C. McKnight. "What Can We Really Learn from TIMSS?" *Science* 282 (1998): 1830.

Schmidt, William H., Curtis C. McKnight, Leland S. Cogan, Pamela M. Jakwerth, and Richard T. Houang. *Facing the Consequences: Using TIMSS for a Closer Look at U.S. Mathematics and Science Education* Boston: Kluwer Academic Publishers, 1999.

Schmidt, William H. Curtis C. McKnight, and Senta A. Raizen. *Splintered Vision: An Investigation of U.S. Science and Mathematics Education*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1997.

U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. *Pursuing Excellence: A Study of U.S. Eighth-Grade Mathematics and Science Teaching, Learning, Curriculum, and Achievement in International Context*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1996.

U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics, Pursuing Excellence: A Study of U.S. Fourth-Grade Mathematics and Science Achievement in International Context. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1997.

U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. Pursuing Excellence: A Study of U.S. Twelfth-Grade Mathematics and Science Achievement in International Context. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1998.

عن توحد

الطبيعة

ادوارد " روكي " كولب

هناك ارتباطات توجد عميقة غائرة في الطبيعة . فثمة ارتباطات بين أكبر الأشياء في الكون وأصغرها ، بين الفضاء الداخلى لفيزياء الكم والفضاء الخارجى للكون ، وهى ارتباطات توضح توحد الطبيعة .

توحد الطبيعة

يُقسم العلم فى مدارسنا الثانوية وجامعاتنا وأكاديمياتنا العلمية تقسيما نمطيا إلى أقسام مثل قسم الفيزياء ، والكيمياء ، والبيولوجيا ، والجيولوجيا ، والفلك ، والرياضيات، وهلم جرا . ولكن هذه التقسيمات هى إنشاء بشرى مصطنع ؛ فالطبيعة نفسها لا تنقسم بمثل هذا الانقسام الخالص. وكمثل ، يتطلب فهم أكبر الأشياء فى الكون أن نفهم أصغرها . فهناك ارتباط بين عالم الجسيمات الدقيقة وعالم الأجرام الضخمة ، ولا يمكن فهم الواحد منهما من غير فهم الآخر . والعلم الحديث أخذ هكذا ينجز مسعانا القديم إلى التوحد.^(١)

وتوضح لنا أوجه التقدم الحديثة فى المجال العلمى الذى يسمى علم الكون الطريقة التى تترابط بها الطبيعة. وعلى الرغم من أوجه التقدم الحديثة الهائلة فى علم الكون ، إلا أنه أبعد من أن يكون مشروعا حديثا . أجرى عالم الأنثروبولوجيا الأمريكى جورج مردوك مسحا لكل ما سبق معرفته من ثقافات وحضارات واستنتج انها كلها تشترك فى بعض خصائص مشتركة . إحدى هذه الخصائص المشتركة أن كل ثقافة يكون لديها نوع ما من زينة للجسد . إلا أن هناك خاصية أهم من ذلك وهى أن كل ثقافة لديها نظرة مشتركة إلى الكون ، أى نموذج كونى .

النموذج الكونى يتضمن قصة عن أصل الكون ، وحجمه، وتكوينه. وفى الثقافات البدائية مثل الثقافة الأوروبية فى العصر الحجرى القديم أو الثقافة الأصولية الحديثة الأمريكية ، قد يتأسس علم الكون على خرافات ، أو على الدين ، أو الفلسفة ، أو الأسطورة ، أو بعض نوع من حقيقة متكشفة . تتأسس الكونيات لدينا فى العصر الحديث ، أو نظرتنا الحديثة للكون ، على العلم . والهدف الأساسى للكونيات الحديثة العلمية هو تأسيس نظره إلى الكون على أساس قوانين الطبيعة التى يتم اكتشافها فى المعامل الأرضية أو يتم استقراؤها من قوانين تحددت تجريبيا .

يتأسس نموذج الانفجار الكبير الحديث على مبدأ أن الكون أساسا يتمثل فى كل مكان ، ويبدو متماثلا عند النظر إليه فى أى اتجاه . ويعرف هذا باسم "المبدأ الكونى". وهو الامتداد النهائى للثورة الكوبرنيكية . وقد أكد كوبر نيكوس فى كتابه الثورى "الدوران" ١٥٤٣ أننا لا نشغل مركز المجموعة الشمسية . وفى ١٩١٨ أثبت عالم الفلك الأمريكى هارلوشابلى أن منظوماتنا الشمسية ليست فى المركز من مجرتنا. واكتشف ادوين هابل فى ١٩٢٤ أن مجرتنا درب التبانة ليست إلا مجرة واحدة بين بلايين المجرات فى الكون المرصود . وأخيرا فإن المبدأ الكونى يتضمن أن مجرتنا لا تشغل مكانا متميزا بين تلك البلايين من المجرات الموجودة فى الكون .

كثيرا ما كانت آراء علماء الكون تجرى بما يخالف مصالح أصحاب السلطة. ويحوى التاريخ أمثلة كثيرة لذلك ، لعل أشهرها متاعب جاليليو مع محاكم التفتيش. واتخاذ وجهة نظر عن الكون أمر خطير . بل وقد حدثت مواجهات بين علم الكون والسلطات حتى فى القرن العشرين . ومن السهل أن ندرك كيف أن التكنولوجيا الناجمة عن العلم لها تأثيرها فى حياتنا ، إلا أن الأفكار العلمية العميقة لها أيضا تأثير هائل فى ثقافتنا ومجتمعنا . وقد يبدو أن مبدأ علميا مثل "المبدأ الكونى" مجرد مبدأ لا ضرر منه ، إلا أن البعض

يرى أنه خطر. وقد بدت فكرة أن قوانين الطبيعة تنطبق هي نفسها في كل مكان من الكون كفكرة مزعجة لأصحاب السلطة في الصين أثناء الثورة الثقافية وبعدها . ذلك أن حقيقة أن "القوانين" نفسها تنطبق على الصين مثلما تنطبق على سائر العالم عدت فكرة هدامة ، واضطهد كل من يعتنق "المبدأ الكوني". وعندما نال الصيني المنشق عالم الفيزياء الفلكية فانج لي - تسي جائزة روبرت ف. كنيدى لحقوق الانسان تحدث في خطبة تقبله للجائزة^(٢) عن المبدأ الكوني فقال:

المبدأ الأول في مجال علم الكون الحديث يسمى " المبدأ الكوني". وهو يقرر أن الكون ليس له مركز ؛ وأن له نفس الخواص في أرجائه كلها . وبهذا المعنى فإن كل موضع في الكون له حقوق متساوية . كيف يمكن للجنس البشري ، الذى تطور في كون له هذه المساواة الأساسية، أن يفشل في أن يكافح من أجل مجتمع لا يوجد فيه عنف ولا إرهاب؟ كيف يمكن لنا أن نفشل في بناء عالم تحترم فيه حقوق كل انسان من يوم مولده؟

تبدو هذه كلمات بلا ضرر لبعض من يسمعونها ولكننا تبدو كلمات هدامة لأناس آخرين. فنموذجنا الكوني له تأثير يتجاوز العلم . إنه قماشة الرسم التى تصور عليها موضعنا في الكون .

يدمج نموذجنا الكوني الحديث بين اكتشافين عميقين في فيزياء القرن العشرين: النسبية العامة وميكانيكا الكم . فالكون في النموذج الحديث للانفجار الكبير قد انبثق عن حالة حرارة وكثافة عاليتين منذ ما يقرب من إثني عشر إلى خمسة عشر بليون عام. وإذا أخذ الكون يتمدد ويبرد ، نشأت البنية الغنية المركبة التى نراها.

ونحن نفهم وجود المجرات وغيرها من البنى الكبيرة الحجم على أنها نجمت عن نمو بذور صغيرة بدائية . وإذا وجدت بذور صغيرة أولية فى توزيع للمادة يكون فيما عدا ذلك توزيعا سلسا، فإنها ستتمو نموا عنيدا لتصبح المجرات والحشود العنقودية التى نراها .

ومن ثم ، فإن السؤال عن أصل بنية الكون يتحول إلى سؤال عن أصل تلك البذور الصغيرة البدائية . وقد حدث مؤخرا اكتشاف رائع بأن أصل هذه البذور ، وبالتالى الأصل لكل بنية فى الكون ، أنها قد زُرعت فى الكون المبكر بفعل مبدأ عدم اليقين فى نظرية الكم التى تتناول الأحجام الميكروسكوبية . وهذا الارتباط بين العالم الفيزيائى الميكروسكوبى لميكانيكا الكم والعالم الفيزيائى الماكروسكوبى للمجرات لهو مثل رائع للوحدة الحقيقية للعلم .

توحد الطبيعة ليس فكرة جديدة . ومنذ ما يقرب من قرن كتب جون موير وهو أمريكى من الأتباع العظماء للمذهب الطبيعى ليقول ببلاغة . "عندما يشد المرء إليه بقوة شيئا واحدا فى الطبيعة ، سيجد أنه مربوط بإحكام إلى سائر الكون". وهكذا فإن المجرات ، بل وحتى البنى الكونية الأكبر التى يبلغ حجمها ملايين السنوات الضوئية، مربوطة كلها إلى عدم اليقين فى نظرية الكم الميكروسكوبية .

رياح الثورة

كان يتحدث بصوت خفيض وهو يعض بأسنانه على غليونه . وأخذ يغمغم كثيرا ، ولم تكن الانجليزية هى لغته القومية . وكان اقرب زملائه يجدون صعوبة فى فهمه عندما يتحدث بأى لغة ، حتى لو تحدث بالانمركية لغته القومية . وقال البعض عنه ان لديه قدرة لغوية نادرة تجعله غير مفهوم بأربع لغات مختلفة .

من الصعب ان نتخيل اختيارا أسوأ منه كخطيب جماهيري . ولكن ضالة مهاراته في التواصل لم تؤد إلى هبوط حمى الانفعال التي عمت في قاعة المحاضرات المزدحمة في الحرم الجامعي بجامعة بيركلي في كاليفورنيا. ذلك أن جمهور المستمعين يومها كان فيه طلبة شبان يشتعلون من داخلهم بنيران الثوريين الملتزمين ، وهم يستمعون إلى بطل مجد من أبطال الثورة .

كان عام ١٩٣٧ مفعما بالاضطرابات ، وسط كساد اقتصادي عم العالم ، ومع حرب أهلية تحتمل في أسبانيا ، ووصول الفاشيين إلى السلطة في ألمانيا وإيطاليا، بينما الحرب على وشك أن تنشب في آسيا بين اليابان والصين ، وهكذا بدا وكأن العالم يتمزق بددا. وأصبح الحديث عن الثورات شائعا في حرم الكليات .

على أن الخطيب الدانمركي يومها كان رجلا ثوريا خارقا للمعتاد. لم يكن ممن يهتمون بالثورة الروسية التي وقعت قبلها بعشرين عام ، ولا بأى ثورة أخرى سياسية أو اجتماعية . وإنما هو يتحدث عن ثورة أعمق كثيرا ومداهها أوسع كثيرا . فهو يتحدث عن ثورة سوف تؤدي حتما إلى تشكيل المجتمع بطرائق لا تستطيعها قط مجرد ثورة سياسية .

نيلز بوهر هو أحد الأبطال العظام لفيزياء القرن العشرين ، وقد قُلد جائزة نوبل في ١٩٢٢ عن بحثه " دراسة بنية الذرات وإشعاعاتها". وكان في الجبهة الأمامية للنضال من أجل إنشاء قوانين ميكانيكا الكم ، تلك المجموعة من القوانين التي تبدو غريبة ظاهريا وتحكم سلوك المادة بالمقاييس تحت الميكروسكوبية . وبوهر أحد قواد الثورة التي أطاحت بفهمنا لقوانين العالم الطبيعي التي ظلت تحكم الفيزياء منذ زمن نيوتن ، وأحلت مكانها نظاما جديدا يتضمن مفاهيم راديكالية مثل مبدأ عدم اليقين ، ومستويات الكمات ، وتراوحات الكم.

عندما تحدث بوهر فى بيركلى فى ذلك اليوم من عام ١٩٣٧ كانت ثورة ميكانيكا الكم لا تحرك الكثير من الأمواج فيما يتجاوز مجتمع صغير من الفيزيائيين داخل القاعات المنعزلة فى الجامعات ومعامل البحوث . كان لابد أن تمر عقود حتى تغير معرفة عالم الكم من عالم الحياة اليومية بأن تمهد السبيل لانشاء الترانزيستورات، وأجهزة الليزر ، والتصوير بالرنين المغناطيسى ، والكمبيوترات الرقمية ، وكل منتجات مجتمعنا الإلكتروني (نعم، وكذلك أيضا الاسلحة النووية).

فى ذلك اليوم، جلس فى الخلف من قاعة المحاضرات المزدحمة طالب جامعى شاب يدرس الفيزياء اسمه فيليب موريسون . وهو الآن أستاذ معهد غير متفرغ فى معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وعالم فيزياء فلكية مرموق ، وكاتب علمى مشهور، ولكنه كان يومها مجرد وجه بين وجوه الشباب الآخرين من المستمعين فى رهبة إلى بوهر العظيم . ولابد وأن هذه الخبرة قد تركت فيه انطبعا له قدره ، فموريسون حتى بعد هذا الحدث بستين عام يتذكر بحيوية محاضرة بوهر ، مثلما يتذكر سؤالا واحدا بالذات ألقى على بوهر بعد المحاضرة .

سئل بوهر فى فترة أسئلة ما بعد المحاضرة عما يعتقد بالنسبة لأوجه التقدم الحديثة فى علم الكون . ذلك أن العشرينيات والثلاثينيات من القرن العشرين كانت تعد سنوات ثورية بالنسبة لأبحاث الفلك التى تدور عما فى خارج المجرات ، تماما مثلما كانت تعد سنوات ثورية بالنسبة للفيزياء . وفى ١٩٢٤ وسع هابل من حجم الكون المعروف عندما أثبت أن "السدم اللولبية" ليست إلا مجرات بعيدة تماثل مجرتنا درب التبانة . وأدت أرصاد هابل فى ١٩٢٩ إلى اكتشاف أساسى آخر عندما أظهر أن المجرات البعيدة تتدفع بعيداً عنا فى تفجر فضائى نسميه الآن الانفجار الكبير. وبحلول ١٩٣٧ أخذ هابل

يرسم خريطة الكون بتليسكوب مونت ويلسون هوكر الذى يبلغ قطره مائة بوصة ويدرس كيف تنتشر المجرات خلال الفضاء كله .

تم الكثير من الأبحاث النظرية فى علم الكون فى عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين . وبحلول ١٩٣٧ كان الكسندر فريدمان فى روسيا وجورج ليميتز فى بلجيكا قد طرحا نظرية الانفجار الكبير كنظرية لأصل الكون . وإذا كان أينشتين فى أول الأمر قد رفض إمكان تمدد الكون، إلا أنه فى ذلك الوقت أصبح يتقبل فكرة الانفجار الكبير. كان من المحير أن بوهر لم يذكر علم الكون فى محاضراته عن الجبهات الأمامية للفيزياء .

وربما كانت إجابة بوهر أكثر إثارة للدهشة من إغفاله أصلا لهذا الموضوع. فقد أجاب بأن الأرصاد الفلكية والنظريات الكونية لها أهميتها ، إلا أن الفهم الحقيقى لأصل الكون وبنية يكون مستحيلا إن لم نفهم أولا كيف تعمل قوانين ميكانيكا الكم مفعولها فى الجسيمات الأساسية ، وقال أنه ليس لديه أمل كبير لتقدم حقيقى فى علم الكون إلا بعد أن نتمكن من نضم معا علم الكون وفيزياء الجسيمات فى السياق نفسه.

ولما كانت ميكانيكا الكم هى وفيزياء الجسيمات مهمين فقط بالمقاييس الذرية أو ما هو أصغر . فإنه لم يكن واضحا كيف يمكنهما أن يلعبا دورا فى تشكيل أشياء حجمها كبير مثل إحدى المجرات . ولابد وأنه قد بدا عندها أن فكرة وجود ارتباط بين العالم فائق الكبير، عالم الفضاء الخارجى للكونيات ، وبين العالم فائق الصغر ، عالم الفضاء الداخلى للجسيمات الأساسية ، ارتباط تكون قوانين ميكانيكا الكم لها أهميتها فيه ، لهى فكرة راديكالية إلى حد كبير.

على الرغم من أن بعض زملاء بوهر الثوريين ربما كانوا يوافقونه فيما يتعلق بأهمية ميكانيكا الكم وفيزياء الجسيمات بالنسبة لعلم الكون ، إلا

أننى أتساءل عما إذا كان أى فرد لديه وقتها أى لحظة تفكير عن مدى صواب ما قاله . والثورات ما إن تبدأ فى الحركة حتى تتطلق فى اتجاهات غير متوقعة . لم يكن رواد ثورة الكم يستطيعون التنبؤ بما ستقود له هذه الثورة . على أنه ربما يكون بوهر قد توقع أنه فى ١٩٤٧ ، أى بعد محاضراته بعشرة أعوام لاغير ، سوف يدرس رالف ألفر ، وجورج جامو ، وروبرت هيرمان الفيزياء النووية للكون المبكر ويتنبؤون باكتشاف خلفية الاشعاع الميكروويفى . إلا أنه حتى بوهر ربما كان سيجد صعوبة فى تصور أنه بعد ستين عاما من محاضراته فى بيركلى ، سوف يؤمن علماء الكونيات بأن كل ما نراه حولنا - من مجرات ، ونجوم ، وكواكب ، وبشر ، وكلاب البودل ، والحمام ، وزبد البرك - هذا كله بدأ كتراوحدات كمومية صغيرة فى الحساء الأولى للكون المبكر .

ظهرت أوجه الارتباط بين ميكانيكا الكم والمجرات بعد عامين لاغير من محاضرة بوهر . كان إروين شرودنجر واحدا آخر من مؤسسى ميكانيكا الكم ، وقد حول اهتمامه فى منتصف ثلاثينيات القرن العشرين إلى قضايا الكونيات . وقد أجبر شرودنجر فى الفترة المضطربة من عام ١٩٣٨ إلى ١٩٣٩ على أن يترك منصبه فى جراتز بالنمسا بسبب آرائه السياسية اليسارية ولجأ إلى الفاتيكان . وكل من يعرفون أسلوب حياة شرودنجر يفهمون السبب فى أن الحياة الانعزالية فى الفاتيكان لم تكن مما يناسبه . وهكذا غادر الفاتيكان فى ١٩٣٩ وتقبل منصبا مؤقتا فى جنّت ببلجيكا . وعندما أخذت ألمانيا وفرنسا تتجهان إلى الحرب كان الأمر أقل من أن يتطلب عبقرية شرودنجر لإدراك أن بلجيكا ليست هى المكان الأمثل لأن يعيش فيه ، وهكذا تقبل منصبا فى أيرلندا فى معهد الدراسات المتقدمة . وفى هذه الفترة الأساسية من الفوضى ، ووسط كل هذا الاضطراب كتب شرودنجر ورقة بحث رائعة هى "الذبذبات الصحيحة للكون المتمدّد" . وكتب فى مقدمة هذه الورقة .. "الذبذبات الصحيحة (أنماط التردد الموجبة والسالبة) لا يمكن

أن يتم فصلها بدقة صارمة في الكون المتمدّد ... وهذه ظاهرة لها أهمية بارزة . وهى بالنسبة للجسيمات تعنى انتاج أو اندثار المادة ، بمجرد التمدد ، ... وإذ أنذرتنى هذه الإمكانيات ، فقد أخذت اتفحص المادة بمزيد من التفاصيل".

ويقرر شرودنجر فى استنتاجه النهائى : "سيكون هناك مذاق متبادل لأنماط التردد الموجبة والسالبة على مر الزمن ، يؤدى إلى نشأة ... (الظاهرة المنذرة)" (٣).

مما يلفت الأنظار أنه فى عام ١٩٣٩ والعالم من حول شرودنجر تلتهمه نيران حرب عالمية ، إلا أنه أحس بما "ينذره" بأن هناك خلقا لجسيم واحد فى الكون فى كل فترة من زمن هابل (وتقرب حاليا من ١٠ ٠٠٠ مليون سنة) . ولعل شرودنجر وهو يجرى أبحاثه والعالم فى حالة من الاضطراب ، كان يتبع خطى عالم كونيّات هو حتى أقدم منه فى جراتز وهو جوهانز كبلر . اضطر كبلر بسبب عدم الاستقرار سياسيا ودينيا فى فترة ١٦٠٠ - ١٦٣٠ ، إلى أن يفر من جراتز ليجد ملاذا فى سلسلة من المناصب المؤقتة فى براج ولينز وساجان ورايسبون . وعندما تأمل كبلر كيف تقاذفته أمواج خضم الحروب وعدم الاستقرار فإنه كتب يقول ، "عندما تنثور العواصف من حولنا ويتهدد حالنا بتحطم السفينة ، يكون أنبل ما نستطيع القيام به هو أن نلقى مرساة دراساتها المسالمة فى أرض الخلود". (٤)

وبالنسبة لنا ، نحن العلماء الذين نواجه الأزمة العالمية الراهنة ، لعل أنبل ما نستطيع القيام به هو أن نواصل دراساتها المسالمة ونأمل أنها ذات يوم سيُلقي بمرساتها فى أرض الخلود .

كان ما أنذر شرودنجر هو مفعول الجاذبية على فراغ اللايقين الكمومى. ذلك أن الفضاء الخاوى هو بسبب مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج لا

يكون فراغا هاما ، ولكنه يزبد ويرغى بالجسيمات ومضاداتها وهى تتبثق من الفراغ لتوجد لفترة وجيزة من الزمن قبل أن تعود لتختفى فى الفراغ . وهذه الجسيمات "الافتراضية" جزء متأصل من الفراغ . ذلك أن اللاشئ فى ميكانيكا الكم إنما هو شئ ما.

أدرك شرودنجر فى ١٩٣٩ أن المجال الجذبوى القوى للكون المتمدد يستطيع ان يحول جسيمات الفراغ الافتراضية إلى جسيمات حقيقية. وهذه ظاهرة مماثلة لظاهرة إشعاع هوكنج الموجود بالجوار من الثقب الأسود . أدرك ستيفن هوكنج فى ١٩٧٤ أن الثقوب السوداء هى رغم كل شئ ليست جد سوداء . ذلك أنه بالجوار من أفق الثقب الأسود ، يمكن لأحد الجسيمات الافتراضية أن يهوى داخل الثقب الأسود بينما يفر رفيقه إلى اللانهاية . ويمكن بهذه الطريقة استخلاص الجسيمات من الفراغ . وبلغة شرودنجر ، فإنه يتم 'مذق' الأنماط الموجبة والسالبة .

يمكن للجسيمات ومضاداتها أثناء التمدد السريع للكون المبكر أن تظهر من الفراغ (أى من لا شئ) وأن تُشد متباعدة بواسطة تمدد الفضاء قبل ان تتاح لها فرصة أن تتدثر . وقد يبدو هذا وكأنه ضجة كبيرة تدور حول لا شئ، إلا أنه يتضمن أن تمدد الكون سوف يخلق جسيمات ويهدم الاتساق الكامل ويخلق البذور البدائية التى ستتمو لتصبح كل ما نراه فى الكون .

إذا كانت هذه الفكرة صحيحة ، فإن هذا يعنى أن كل بنية نراها الآن فى الكون (المجرات ، والحشود العنقودية للمجرات وكذلك نمط تراوحات الحرارة) هذه كلها أنماط من التراوحات الكمومية .

عندما درسنا لأول مرة ميكانيكا الكم فى الصف السادس ، قيل لنا أن من المستحيل أن نرى تأثيرات ميكانيكا الكم لأنها بالغة الصغر . إلا أن التمدد السريع للكون خلال فترة التضخم مط من التراوحات الصغرى

الفيزيائية لتصل إلى مقاييس يصل كبر حجمها إلى حجم الكون المرصود كله. وربما نجد أن حقيقة أن التراوحات الكمومية يمكن رؤيتها باستخدام التليسكوبات (بالإضافة إلى أقوى الميكروسكوبات ، معجلات الجسيمات) هي أكثر مثل جوهري على ارتباط الفضاء الداخلي /الفضاء الخارجي .

الأحداث الهامة فى علم الكون من الانفجار الكبير حتى ميلاد ليون ليدرمان

يفيد فهم ارتباط الفضاء الداخلى/الخارجى فى إكمال الصورة للتاريخ الكامل للكون . وأذا أمكننا تصور العهود المختلفة فى تاريخ الكون كحركات مختلفة فى السيمفونية الكونية ، فإن ترتيبها يكون حسب ما فى الجدول (١) .

جدول (١) . السيمفونية الكونية (الهارمونية الكونية)

السرعة	الحركة	العهد	الأثر الباقي
نقر الأوتار	وترية	١٠ ^{-٢٣} ثانية؟	؟؟؟
فائقة السرعة	تضخم	١٠ ^{-٣٥} ثانية؟	بذور البنية
سريعة	الإشعاع	أول ١٠ ٠٠٠ سنة	وفرة من العناصر الخفيفة
عاجلة	المادة	١٠ ٠٠٠ سنة بعد الانفجار	الكوزارات والمجرات البعيدة
معتدل البطء	الفراغ (التضخم)	منذ بليون سنة	معدل التسارع الحالى للكون
بطئ جدا	آثار عتيقة	١٥ يوليو ١٩٢٢	ليون ليدرمان

أخبرنى أصدقائى من أصحاب نظريات الأوتار (أو أنه لو كان لى أصدقاء من أصحاب نظريات الأوتار لأخبرونى) بأن القسم الوترى قد يهيمن على الحركة الأولى من السيمفونية الكونية إذا كان يوجد عند اصغر المقاييس نزعة وترية أساسية للجسيمات الأولية . وإذا كان هذا صحيحا ، فستكون الحركة الأولى فى السيمفونية الكونية حركة نقر أوتار على الأوتار المتذبذبة فى وقت يلى الانفجار الكبير بما يقرب من ١٠^{-٢٣} ثانية . ونحن أساسا لا

نعرف أى شئ عن المرحلة الوترية ، إن كان لها وجود حقا . فنحن مازلنا لا نعرف بعد عن هذا العهد ما يكفى لأن نتنبأ بأى آثار باقية له .

وأقدم حركة نستطيع أن نكشف عن صدى لها هى مرحلة التضخم . ومن المحتمل أن الحركة التضخمية قد تلت الحركة الوترية وظلت باقية لما يقرب من 10^{-20} ثانية . وأحسن معلومات لدينا عن المرحلة التضخمية تأتي من البذور الكمومية التى غرست خلال هذا العهد، والتى يمكن رؤيتها الآن فى شكل مجرات.

نحن نعرف بالفعل أن الإشعاع قد هيمن على الكون طول ما يقرب من كل العشرة آلاف عام الأولى . وأحسن ما تم الاحتفاظ به من الآثار الباقية لعهد هيمنة الإشعاع هو العناصر الخفيفة . وقد تم إنتاج العناصر الخفيفة فى الكون الذى يهيمن عليه الإشعاع بعد الانفجار بفترة من ثانية واحدة إلى ثلاث دقائق .

نعطينا الكوازارات والمجرات البعيدة جدا صورة من العهد المبكر الذى هيمنت عليه المادة . وقد نشأت البنى خلال هذا الوقت من البذور البدائية الصغيرة .

وأخيرا ، إذا كانت الأرصاد الفلكية الحديثة قد فسرت تفسيراً صحيحاً، فإن معدل تمدد الكون يتسارع حالياً . ويعنى هذا أن الكون قد شرع فى عصر تضخمى آخر ، ولكن معدل تمدد هابل هو فى هذا العصر أقل كثيراً من المعدل أثناء العصر التضخمى الأول .

وقع فى ١٥ يوليو ١٩٢٢ حدث كوني أخير له أهميته . الحفرية المتبقية من هذا الحدث هى ليون ليدرمان ، الرجل الذى يبتث الالهام فى علماء الكونيات فى كل العالم المتمدين وفى أجزاء كثيرة من وارينفيل فى مقاطعة إلينوى . وقد غرس ليون ليدرمان فى ١٩٨٣ بذور كونية خاصة به

فى المعمل القومى لمعجل فيرمى. ألف ليون كتابا ثوريا هو "الجسيمات" وهذا الكتاب مثل كتاب كوبرينكوس "الدوران" وكتاب جاليليو "حوار عن نظامين كونيين" وكتاب نيوتن "المبادئ"، هو اسهام يُعد علامة طريق بالنسبة لتركيب الفضاء الداخلى /الفضاء الخارجى (٥).

هوامش :

١ - كيف استطاع بائع شطائر السجق أن يساعد فى تنوير الراهب البوذى؟
لقد جعله موحدا بكل شئ .

٢ - ألقى أحد أصدقاء فانج هذه الخطبة فى واشنطن لأن فانج كان منفيا وقتها فى السفارة الأمريكية فى بكين .

3. Erwin Schrödinger, "The Proper Vibrations of the Expanding Universe," Physica 6 91939): 899.
4. Johannes Kepler in a letter to Bartsch, as found in Gesammelte Werke(C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, Munchen).
5. I am grateful for the support of the United States Department of Energy and NASA (NAG5-10842).I am also grateful to Leon Lederman for inspiration and providing the opportunity to pursue the study of the universe.

البحث العلمى وطبيعة العلم

كسياق له معناه من أجل

تعلم العلم

نورمان ج. ليدرمان

مقدمة :

ظل معلمو العلم تاريخيا مشغولين بقدرة الطلبة على تطبيق المعرفة العلمية فى صنع قرارات متتورة بالمعلومات فيما يتعلق بالقضايا الشخصية والمجتمعية . ذلك أن القدرة على استخدام المعرفة العلمية لصنع قرارات شخصية ومجتمعية متتورة هى جوهر تعلم العلم كما يعرفه حاليا معلمو العلم والوثائق الإصلاحية . وأحدث الرؤى الإصلاحية ذات الأهمية هى " المعايير القومية والمشروع القومى لتعليم العلم ٢٠٦١ (م ق ت ع) . ويؤكد ما فى هذه المحاولات على أهمية الفهم المتصور للأفكار الرئيسية المحيطة بالعلم (مثلا الأسباب والنتائج ، والتوازن ، والبنية ، والوظيفة ، والدورات ، والمقياس) . وكثيرا ما يُستشهد بعبارة ان "الكم الأقل يعنى فهما أكثر" وذلك لتوصيل الرغبة فى أن تتركز الفترة التدريسية على الفهم العميق لمجموعة قليلة من التصورات العلمية الموحدة .

كذلك تضغط الوثائق الإصلاحية الحالية على زيادة التأكيد على مجالين بحيث يجعلها ذلك مختلفة اختلافا له مغزاه عن الجهود السابقة ، وهذان المجالان هما : طبيعة العلم والبحث العلمى . ظلت مساعدة الطلبة على تنمية مفاهيم وافية عن طبيعة العلم هى والبحث العلمى من الأهداف الدائمة فى تعليم العلم (م ق ت ع ١٩٩٠ ، ١٩٩٣ ؛ كلوبرفر ؛ المجلس القومى للبحوث ١٩٩٦ ؛ الجمعية القومية لمدرسى العلم ١٩٨٢) وذلك بما يمتد وراء إلى بداية القرن العشرين (الجمعية المركزية لمدرسى العلم

والرياضة ١٩٠٧). "وقد بلغ هذا الهدف التعليمي عمرا طويلا ، ولا يتفوق عليه فى ذلك إلا طول عمر عجز الطلبة عن تبين ما تعنيه عبارة (طبيعة العلم) ، وعن أن يتصوروا ما يصاحبها من خصائص العلم" (ليدرمان ونيس ١٩٩٧) أو "البحث العلمى" .

وبالتالى ، فإن من الطبيعى لاغير أن يثور التساؤل عما إذا كان هناك من الأسباب ما يجعلنا نعتقد أن الإصلاحات الحديثة فى تعليم العلم ستؤثر على الأرجح فى فهم الطلبة بأكثر مما أثر فيهم ما سبقها . هناك وجهان خطيران من الاهمال يتشابكان فى علاقتهما ويظهران نمطيا فيما سبق من مجهودات ، وهما لسوء الحظ واضحان فى وثائق الإصلاح الأكثر حداثة . فلا يوجد ، ولم يكن يوجد ، تنمية مهنية متسقة توصل أولا بوضوح ما الذى نعنيه بطبيعة العلم "والبحث العلمى" ، وتوصل ثانيا كيف يمكن أن نوصل للطلبة من الحضانه - صف ١٢ (K-12) فهما وظيفيا لهذين الجانبين المهمين فى العلم . ومن المحتمل أن عدم وجود تنمية مهنية فيما يتعلق بطبيعة العلم والبحث العلمى هو أمر قد ترتب على سوء فهم يرى أن طبيعة العلم والبحث العلمى هى نتائج إدراكية أقل اهمية من مادة الموضوع "التقليدية" . على أن الحقيقة هى أن طبيعة العلم والبحث العلمى هما اللذان يوفران السياق لمادة الموضوع كما تحددها "المعايير" والوثائق الأخرى للإصلاح . سوف أوضح فى الأجزاء التالية معنى طبيعة العلم "والبحث العلمى" . كما سأصف العديد من الأفكار الخاطئة التى تروج لها (أو تتجاهلها) جهود الإصلاح . وسوف أناقش بعدها الراى بأننا إذا لم نبذل انتباهنا واضحا/ تأمليا للتدريب على طبيعة العلم والبحث العلمى ، سيواصل الطلبة تعلم مادة موضوع العلم فى بيئة تخلو من أى سياق . ومثل هذه البيئة لن تسمح بتصور فهم عميق لمادة موضوع العلم كما تطرح فى رؤى الإصلاح المختلفة ، ولن تساعد فى تشكيل جمهور يمكن اعتباره جمهورا متعلما علميا. ومن الواضح أن فهم المدرسين وظيفيا لطبيعة العلم والبحث

العلمى ، هو مطلب أساسى لتحقيق أى آمال فى انجاز رؤيا تدريس وتعليم العلم كما تحددها شتى الجهود الاصلاحية .

ما هى طبيعة العلم ؟

تشير عبارة " طبيعة العلم " على نحو نمطى إلى إبيستيمولوجيا^(١) العلم، أى العلم كطريقة للمعرفة ، أو القيم والمعتقدات المتأصلة فى المعرفة العلمية وتناميها . (ليدرمان ١٩٩٢). هناك إدراك لعدم وجود اتفاق حول الجوانب المحددة لطبيعة العلم سواء بين فلاسفة العلم ، أو مؤرخى العلم ، والعلماء ، ومعلمى العلم . إلا أن عدم وجود اتفاق هكذا أمر ينبغى ألا يكون فيه ما يثير الارتباك أو الدهشة حيث أن الجهد العلمى معقد وله طبيعة ذات أوجه متعددة . على أنى أرى أن الكثير من أوجه عدم الاتفاق التى ظلت موجودة لا علاقة لها بوسائل التدريس من الحضانة للصف ١٢ . ومن الأمور التى فى صميم الموضوع قضية وجود حقيقة موضوعية بالمقارنة بوجود حقائق ظاهراتية . وأنا أحاج بأن هناك مستوى مقبول من التصميم فيما يتعلق بطبيعة العلم التى يتاح للطلبة من الحضانة للصف ١٢ الوصول إليها والتى لها علاقة بحياتهم اليومية . وبالإضافة ، فإنه على هذا المستوى ، توجد أوجه قليلة من عدم الاتفاق بين الفلاسفة والمؤرخين ومعلمى العلم . وهناك خواص للمشروع العلمى المناظر لهذا المستوى من التعميم ، ومن بين هذه الخواص أن المعرفة العلمية مؤقتة (عرضة للتغير) ؛ وتتأسس امبريقيا (تتأسس على مشاهدات للعالم الطبيعى و/أو تستقى من هذه المشاهدات) ، وهى ذاتية (محملة بالنظريات) ؛ كما أنها تتطلب بالضرورة استنتاجا بشريا

^(١) الإبيستيمولوجيا دراسة نقدية لمبادئ العلوم المختلفة وفروضها ونتائجها وتحديد أصلها المنطقى وقيمتها الموضوعية . كما يطلق المصطلح أيضا على نظرية المعرفة بوجه عام.

(المترجم)

وتخيلا وإبداعا بشريين (تتطلب ابتكار التفسيرات) ؛ وهى مغروسة غرسا إجتماعيا وثقافيا .

أحد الجوانب الإضافية لطبيعة العلم ، له صلة وثيقة بالتمييز بين المشاهدة والاستنتاج ، وهو جانب التمييز بين النظريات العلمية والقوانين العلمية . القوانين " تقرير أو توصيف للعلاقات " بين الظواهر التى تلاحظ . فقانون بويل ، الذى يصف العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه عند درجة حرارة ثابتة ، هو حالة تمثل ذلك فى الصميم . وفى تباين مع هذا ، فإن النظريات هى " تفسيرات مستنتجة " للظواهر التى تلاحظ . وأحد أمثلة ذلك نظرية الحركة الجزيئية ، التى تفسر قانون بويل .

وبالنسبة لجهود التنمية المهنية التى تضع خططها للمدرسين، فإنها يجب ألا تنتهى فقط ، كما كان يحدث فى الماضى ، إلى تنمية أوجه فهم وافية عند المدرس. فقد أوضحت البحوث تماما أن أوجه الفهم عند المدرس لا تتم ترجمتها أوتوماتيكيا فى ممارساته بالفصل ، ولارىب فى أنه يجب أن يكون لدى المدرسين فهم عميق لما يُتوقع منهم تدريسه . على أن جهود التنمية المهنية يجب أن تؤكد أيضا على الطريقة التى يتمكن بها المدرسون بنجاح من تسهيل تنمية فهم الطلبة لطبيعة العلم .

ما هو البحث العلمى ؟

على الرغم من أن البحث العلمى له علاقة وثيقة بالمعالجات العلمية، إلا أنه يمتد إلى مدى أبعد من مجرد تنمية مهارات المعالجة مثل الملاحظة والاستنتاج، والتصنيف ، والتنبؤ ، والمقياس ، والتساؤل ، والتفسير ، وتحليل البيانات . فالبحث العلمى يتضمن المعالجات العلمية التقليدية ولكنه يشير أيضا إلى توليف هذه المعالجات بالمعرفة العلمية ، والاستدلال العلمى ، والتفكير النقدى لتنمية المعرفة العلمية . وهكذا يكون متوقعا من الطلبة حسب

منظور "المعايير القومية لتعليم العلم" (١٩٩٦) ، أن يصبحوا قادرين على انشاء أسئلة علمية وأن يخططوا بعدها لأبحاث يجرونها لتنتج عنها البيانات اللازمة للوصول إلى استنتاجات من الأسئلة المذكورة ، كما تنشأ لديهم أوجه لهذه المعالجة ودلالاتها بالنسبة لما ينشأ من دعاوى معرفية . أما دراسة "علامات الطريق لتعلم العلم" (م ق ت ع ١٩٩٣) فهي إلى حد ما أقل طموحا من ذلك ، لأنها لا تدعى لأن يكون كل الطلبة قادرين على التخطيط لأبحاث يجرونها بالإجمال. وبدلا من ذلك فإن ما يتوقع فيها هو أن يكون كل الطلبة قادرين على الأقل على فهم منطق أى بحث وقادرين على أن يحللوا نقديا الدعاوى التى تُصنع من البيانات التى جمعت . فالبحث العلمى باختصار يشير إلى طرق التناول المنهجية التى يستخدمها العلماء فى محاولة للإجابة عن الأسئلة التى تهمهم .

وفيما يتعلق بذلك ، نجد أن الطلبة فى مرحلة ما قبل الكلية هم والجمهور العام يؤمنون بوجهة نظر مشوهة عن البحث العلمى قد نتجت عن التعليم المدرسى، ووسائل الإعلام ، وتشكيل بنية معظم التقارير العلمية. وتسمى وجهة النظر المشوهة هذه بأنها " المنهج العلمى " ، بمعنى انها مجموعة خطوات ثابتة فى تتابع ثابت يتبعها كل العلماء حينما يحاولون الإجابة عن الأسئلة العلمية . على أن الرؤى الإصلاحية تبادر لتوضح أنه لا يوجد مجموعة خطى واحدة ثابتة ولا تتابع واحد ثابت لها تتبعه كل الأبحاث العلمية . ووجهة النظر المعاصرة التى تتخذها عن البحث العلمى أن الأسئلة هى الدليل الإرشادى لطريقة التناول ، وأن طرق التناول تتباين تباينا واسعا داخل وعبر فروع العلوم والمجالات العلمية .

يرجع مفهوم وجود منهج علمى وحيد فى جزء كبير منه إلى الوضع الكلاسيكى لتخطيط التجارب . فكثيرا جدا ما يكون تخطيط التجارب بحيث يطابق ما يطرح على أنه " المنهج العلمى " ، وأمثلة البحوث العلمية التى

تطرح فى الكتب المدرسية تكون غالبا تجريبية فى طبيعتها . والمشكلة هى أن البحث التجريبي لا يمثل البحوث العلمية ككل .

ظل البحث العلمى دائما أمرا يبدو غامضا فى طرحه من خلال دراسات اصلاح تعليم العلم . والبحث يتم ادراكه بالذات بثلاث طرائق مختلفة فى رؤى الاصلاحات الحالية . فيمكن النظر إليه كمجموعة من المهارات يكون على الطلبة تعلمها وأن تكون مضمنة فى أداء البحوث العلمية . ويمكن النظر إليه أيضا على أنه الناتج الإداركى الذى يكون على الطلبة التوصل إليه. والرؤى الحالية للاصلاح واضحة بالذات كل الوضوح (على الأقل فى الكلمات المكتوبة) فى التمييز بين أداء البحث (مثلا ، ما سيكون الطلبة قادرين على فعله) وبين ما يعرفه الطلبة عن البحث (مثلا ، ما الذى ينبغي أن يعرفه الطلبة) . وكمثل لذلك ، عندما يحدث أن يكون الطلبة مجموعة حاكمة لإحدى التجارب فإن هذا أمر من الأمور ، أما ما هو أمر آخر غير ذلك ، فهو أن نتوقع أن يفهم الطلبة الضرورة المنطقية لوجود مجموعة حاكمة فى تخطيط التجارب . هذا والاستخدام الثالث 'للبحث' فى وثائق الاصلاح هو استخدام له علاقة صارمة بالبيداجوجيا ويزيد فى تشويش الأمور . فحكمة المعرفة الحالية تدعو بالذات إلى أن أحسن طريقة يتعلم بها الطلبة العلم تكون من خلال طريقة تتناول للتدريس موجهة بالبحث . فمن المعتقد أن أفضل طريقة يتعلم بها الطلبة المفاهيم العلمية هى بأداء العلم . وبهذا المعنى ، يُنظر إلى البحث العلمى على أنه طريقة تتناول للتدريس تُستخدم لتوصيل المعرفة العلمية إلى الطلبة وذلك فى الوضع المقابل للنظر إليه كنتاج تعليمى نتوقع من الطلبة أن يتعلموا عنه وأن يتعلموا كيفية أدائه.

توصيل أوجه الفهم الوظيفية لطبيعة العلم

يدل أسلوب نقاشى للموضوع على أن إصلاحات تعليم العلم حاليا وفى الماضى قد أساءت معالجة طبيعة العلم والبحث العلمى . فقد ظل من

المفترض أن المدرسين يفهمون هذين الجانبين المهمين من العلم ولم يخطط أو يوفر لذلك إلا القليل من التنمية المهنية . وهناك خطأ إضافي خطير في شتى طرق تناول اصلاح تدريس طبيعة العلم والبحث العلمى . وهذا الخطأ الخطير ظل موجودا منذ إداراك مجتمع تعليم العلم لأهمية طبيعة العلم والبحث العلمى كنتاج تعليمى مهم .

هناك طريقتان عامتان للتناول دعت إليهما الوثائق الاصلاحية وأدبيات تعليم العلم لتعزيز أوجه فهم طبيعة العلم و/أو البحث العلمى عند الطلبة والمدرسين . وأول طريقة تناول سنصنفها هنا على أنها الطريقة 'الضمنية' وتطرح أن الطلبة عندما "يؤدون العلم" سيصلون أيضا إلى فهم طبيعة العلم والبحث العلمى (لوسون ١٩٨٢ ، راو ١٩٧٤) . وقد اتخذت معظم المناهج الدراسية فى ستينيات وسبعينيات القرن العشرين هذه الطريقة التى تؤكد على الممارسة العملية ، والأنشطة المؤسسة على البحث، و/أو التدريب على مهارات المعالجة . وقد دلت الدراسات البحثية على أن طريق التناول الضمنية ليست فعالة فى تعزيز أوجه فهم طبيعة العلم أو البحث العلمى عند الطلبة والمدرسين . (كما ورد مثلا عند دوركى ١٩٧٤ ؛ هوكوس وبنيك ١٩٨٥ ؛ رايلي ١٩٧٩ ؛ سيرز وزولمان ١٩٧٧ ؛ ترينت ١٩٦٥ ؛ تروكسيل ١٩٦٨) .

وطريقة التناول الثانية هى الطريقة "التاريخية" (وهى طريقة أوصت بها بشدة "المعايير القومية لتعليم العلم ") ، وتطرح أن إدماج تاريخ العلم فى تدريس العلم يمكن أن يفيد فى الارتقاء بوجهات نظر الطلبة عن طبيعة العلم. على أن استعراض المحاولات التى تهدف إلى تأكيد تأثير إدماج تاريخ العلم فى تدريس العلم تدل على أن البراهين على فعالية طريقة التناول التاريخية هى فى أفضل الأحوال غير حاسمة (كلوفر وكولى ١٩٦٣ ؛ سولومون و آخرون ؛ ويلش والبرج ١٩٧٢ ؛ ياجر وويك ١٩٦٦) . وقد دل بحث لعبد

الخالق (١٩٩٨) فى زمن جد قريب على أن المقررات الخاصة فى التاريخ و/أو فلسفة العلم ليس لها إلا تأثير قليل فى أوجه فهم الطلبة لطبيعة العلم والبحث العلمى .

هناك طريقة تناول بديلة لهاتين الطريقتين اللتين يرد ذكرهما كثيرا فى الإصلاحات ، وتطرح هذه الطريقة أن أهداف الارتقاء بوجهات نظر الطلبة عن المسعى العلمى " ينبغى أن يُخطط لها بدلا من أن نتوقع ظهورها كنتيجة جانبية أو نتاج ثانوى " للطرائق المختلفة لتناول تدريس العلم (أكندهين ١٩٨٨) . توصف هذه الطريقة للتناول بأنها "صريحة/تأملية" وتستخدم تدريبات توجه تجاه النواحي المختلفة من طبيعة العلم أو البحث العلمى وتستخدم عناصر من تاريخ وفلسفة العلم للارتقاء بوجهات نظر دارسى طبيعة العلم . وبصفة عامة نجد أن طريقة التناول الصريحة/التأملية هى بالنسبة لطريقتى التناول الضمنية والتاريخية أكثر فعالية فى مساعدة الدارسين للتوصل إلى الارتقاء بأوجه فهمهم لطبيعة العلم والبحث العلمى (كما ورد مثلا عند أكندهين ١٩٨٨ ؛ بيلا وحسن ١٩٧٥ ؛ كارى وشتراوس ١٩٦٨ ، ١٩٧٠ ؛ جونز ١٩٦٩ ؛ لافانث ١٩٦٩ ؛ أو جونينى ١٩٨٣ ؛ أو لستاد ١٩٦٩) .

أفضل طريقة لتيسير التوصل لفهم وظيفى لطبيعة العلم و/أو البحث العلمى هى من خلال طريقة التناول الصريحة/التأملية . ولا يسعنى إلا أن أؤكد على أهمية اتفاق الوقت اللازم عند ختام أى نشاط حتى نبين 'بصراحة' للطلبة (أو ندعم أن يناقش الطلبة) جوانب طبيعة العلم والبحث العلمى التى تم إلقاء ضوء كاشف عليها. ويجب على المدرسين حتى يشجعوا التأمل أن يناقشوا مع الطلبة ما يوجد من تضمينات فى هذه الجوانب من طبيعة العلم والبحث العلمى وذلك بالنسبة للطريقة التى ينظرون بها للعلماء ، والمعرفة العلمية، ولممارسة العلم .

ملاحظات ختامية

بدأت هذه المناقشة بأن ميزتُ بين الجهود الحالية لإصلاح تعليم العلم وبين ما سبقها فيما يتعلق بترديد الاهتمام والتأكيد على البحث العلمى وطبيعة العلم. والسبب الرئيسى لهذا الاهتمام المتردد ، وإن لم يكن بأى حال بأمر جديد ، هو الإيمان بأن الطلبة يحتاجون إلى تنمية أوجه فهم عميقة للطريقة التى تتولد بها المعرفة العلمية وما فى ذلك من دلالات بالنسبة للوضع المعرفى . وصل معلمو العلم الآن إلى الإيمان بأنه إذا فهم الطلبة مصدر المعرفة العلمية وحدودها فإنهم سيكونون مجهزين على نحو أفضل لأن يتخذوا قرارات متتورة بشأن القضايا الشخصية والاجتماعية بحيث تكون هذه القرارات مؤسسة علميا . وباختصار ، فإن من المعتقد أن فهم طبيعة العلم والبحث العلمى هما عنصران هامين وضروريان فى صيحة معركتنا الحالية "لتعلم العلم" .

هكذا يمكننا أن نحاج بأننا فيما يتعلق بتوصل الطلبة إلى فهم عميق لمادة موضوع العلم ، سنجد أن هذا هدف لا يمكن التوصل إليه إلا إذا فهم الطلبة طبيعة العلم والبحث العلمى . هل يمكن مثلا القول بأن أحد الطلبة يفهم حقا مفهوم الجين إن لم يدرك أن الجين بنية اخترعت لتفسير نتائج تجريبية ؟ هل الطالب الذى يرى أن الجينات لها وجود فيزيقى يماثل اللألى فى القلادة، يكون لديه فهم عميق لمفهوم الجين ؟ هل الطالب الذى لا يعى أن الذرة (كما تصور ها الكتب) هى نموذج علمى يستخدم لتفسير سلوك المادة وأنها لم ترصد رسدا مباشرا ، يكون لديه فهم عميق للذرة ؟

يشيع ظهور الأفكار الخاطئة عن المصادقية العلمية للتطور البيولوجى فى وسائل الاعلام وفى المحاكم القانونية ويتعلق الكثير من هذه الأفكار الخاطئة بما إذا كان التطور نظرية علمية تقبل الإختبار . وتتواصل عادة الحجج ضد مصادقية التطور بأن توضح أن التطور لا يمكن أن يتم

اختباره باستخدام المنهج العلمى . وبالتالى فإن التطور لا يمكن أن يكون نظرية علمية ذات مصداقية . ويشعر الكثيرون بأن هذه المشكلة تتشكل على الأقل جزئيا نتيجة فهم الجمهور الخاطئ للبحث العلمى و/أو النظرية العلمية. ينبغي أن توضح لنا هذه الأمثلة القليلة أن فهم طبيعة العلم والبحث العلمى توفر الإطار الإرشادى والسياق للمعرفة العلمية . فلا بد من وجود فهم للطريقة التى تُستنتج بها المعرفة العلمية وما يوجد من دلالات فى عملية الاستنتاج بالنسبة للوضع المعرفى وحدوده ، ومن غير ذلك فإن كل ما يمكن أن يأمله الطلبة جميعهم هو أن يتوصلوا لمعرفة بلا سياق . والسياق ضرورى للطلبة حتى يفهموا ما تعنيه المعرفة . وباختصار ، فإن عدم وجود سياق يساوى لعب مباراة للشطرنج دون معرفة بقواعد المباراة. وما لم يستطع الطلبة استنتاج معنى للمعرفة العلمية التى يكتسبونها ، لن يكون هناك إلا أدنى أمل فى أنهم سيتمكنون من استخدام معرفتهم لاتخاذ قرارات متتورة.

وصلنا عبر السنوات إلى أن ندرك أن الطلبة لا يمكنهم أن يتعلموا تعلمًا له معنى من القوائم الطويلة من المصطلحات ، والمفردات ، وأشياء الحقائق التى تُقبل بالتكرار . كما أدركنا أيضا كيف أن من المعقول أن نحاول تركيز مجهوداتنا التعليمية فى موضوعات بحث/ مفاهيم أقل عددا وأكثر توحيدا . إلا أننا مازلنا نواصل الفشل فى أن نوفر للطلبة أهم موضوعين تنظيميين بين كل الموضوعات الأخرى ، وهما طبيعة العلم والبحث العلمى . ورغم ضخامة ما كُتب من أبحاث مازلنا نواصل الاعتقاد بأن الطلبة سيتوصلون إلى فهم البحث العلمى وطبيعة العلم بمجرد أن "يؤدوا العلم" . ويساوى هذا التوقع أن نفترض أن الأفراد سيتوصلون إلى فهم ميكاتزم التنفس بمجرد التنفس . ومن الواضح أن الأمر ليس هكذا . ولاريب أن أداء العلم فيه البداية ، إلا أن الطلبة يحتاجون إلى التفكير فيما يكون ما يفعلونه . وهم يحتاجون إلى الإستراك فى المناقشات عن السبب فى أن الأبحاث العلمية يتم تصميمها بطرائق معينة . ويحتاج الطلبة إلى أن يناقشوا الافتراضات التى

توجد متأصلة فى أى بحث علمى وما لهذه الافتراضات من دلالات بالنسبة للنتائج . وبالإضافة ، يحتاج الطلبة إلى أن يناقشوا أن العلم إنما يؤديه بشر وأن يناقشوا دلالات ذلك بالنسبة لما ينتج من معرفة . ومن اللازم تناول طبيعة العلم والبحث العلمى بطريقة صريحة خلال التدريس العلمى . فمن اللازم أن يكون لهذين الأمرين وضع مساو لوضع مادة موضوع البحث التقليدية ، وبدون هذا الانتباه التعليمى الصريح/المأمل ، سيستمر الطلبة على تعلم مادة الموضوع من غير سياق ، ولن تتقدم رؤى اصلاح التعليم العلمى لأى خطوة أبعد مما وصلت إليه فى الماضى .

المراجع :

Abd-El-Khalick, F. The Influence of History of Science Courses on Students' Conceptions of the Nature of Science. Unpublished doctoral diss., Oregon State University, 1998.

Akindehin, F. "Effect of an Instructional Package on Preservice Science Teachers' Understanding of the Nature of Science and Acquisition of Science-Related Attitudes." Science Education 72 (1988): 73-82.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). Science for All Americans. New York: Oxford University Press, 1990.

American Association for the Advancement of Science (AAAs). Benchmarks for Science Literacy: A Project 2061 Report. New York: Oxford University Press, 1993.

Billeh, V. Y., and O. E. Hasan. "Factors Influencing Teachers' Gain in Understanding the Nature of Science." Journal of Research in Science Teaching 12 (1975): 209-19.

Garey, R. L., and N. G. Stauss. "An Analysis of the Understanding of the Nature of Science by Prospective Secondary Science Teachers." Science Education 52 (1968): 358-63.

- _____. "An Analysis of Experienced Science Teachers' Understanding of the Nature of Science." *School Science and Mathematics* 70 (1975): 366-76.
- Central Association of Science and Mathematics Teachers (CASMT). "A Consideration of the Principles That Should Determine the Courses in Biology in the Secondary Schools." *School Science and Mathematics* 7 (1907): 2441-47.
- Durkee, P. "An Analysis of the Appropriateness and Utilization of TOUS with Special Reference to High-Ability Students Studying Physics." *Science Education* 58 (1974): 343-56.
- Haukoos, G.D., and J. E. Penick. "The Effects of Classroom Climate on College Science Students: A Replication Study." *Journal of Research in Science Teaching* 22 (1982): 163-68.
- Jones, K. M. "The Attainment of Understandings about the Scientific Enterprise, Scientists, and the Aims and Methods of Science by Students in a College Physical Science Course." *Journal of Research in Science Teaching* 6 (1969): 47 - 49.
- Klopfer, L. E. "The Teaching of Science and the History of Science." *Journal of Research for Science Teaching* 6 (1969): 87 - 95.
- Klopfer, L. E., and W. W. Cooley. "The History of Science Cases for High Schools in the Development of Student Understanding of Science and Scientist." *Journal of Research for Science Teaching* 1 (1963): 33-47.
- Lavach, J. F. "Organization and Evaluation of an Inservice Program in the History of Science." *Journal of Research in Science Teaching* 6 (1969): 166-70.
- Lawson, A. E. "The Nature of Advanced Reasoning and Science Instruction." *Journal of Research in Science Teaching* 19 (1982): 743-60.

- Lederman, N. G. "Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research." *Journal of Research in Science Teaching* 29 (1992): 331-59.
- Lederman, N. G., and M. Niess. "The Nature of Science: Naturally?" *School Science and Mathematics* 97 (1997): 1-2.
- National Research Council (NRC). *National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academic Press, 1996.
- National Science Teachers Association (NSTA). *Science-Technology-Society: Science Education for the 1980s* (an NSTA position statement). Washington, D.C.: National Science Teachers Association, 1982.
- Ogunniyi, M. B. "Relative Effects of a History/Philosophy of Science Course on Student Teachers' Performance on Two Models of Science." *Research in Science and Technological Education* 1 (1983): 193-99.
- Olstad, R. G. "The Effect of Science Teaching Methods on the Understanding of Science." *Science Education* 53 (1969): 9-11.
- Riley, J. P., II. "The Influence of Hands-On Science Process Training on Preservice Teachers' Acquisition of Process Skills and Attitude Toward Science and Science Teaching." *Journal of Research in Science Teaching* 16 (1979): 373-84.
- Rowe, M. B. "A Humanistic Intent: The Program of Preservice Elementary Education at the University of Florida." *Science Education* 58 (1974): 369-76.
- Solomon, J., J. Duveen, L. Scot, and S. McCarthy. *Teaching about the Nature of Science through History: Action Research in the Classroom.* *Journal of Research in Science Teaching* 29 (1992): 409-21.
- Spears, J., and D. Zollman. "The Influence of Structured versus Unstructured Laboratory on Students' Understanding of

- the Process of Science." *Journal of Research in Science Teaching* 14 (1977): 33-38.
- Trent, J. "The Attainment of the Concept 'Understanding Science' Using Contrasting Physics Courses." *Journal of Research in Science Teaching* 3 (1965): 224-29.
- Troxel, V. A. *Analysis of Instructional Outcomes of Students Involved with Three Sources in High School Chemistry*. Washington, D.C.: U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Office of Education, 1968.
- Welch, W.W., and H. J. Walberg. "A National Experiment in Curriculum Evaluation." *American Educational Research Journal* 9 (1972): 373-83.
- Yager, R. E., and J. W. Wick. "Three Emphases in Teaching Biology: A Statistical Comparison of Results" *Journal of Research in Science Teaching* 4 (1966): 16-20.

فى مدح الجسارة تناول المشاكل الكبيرة شيرلى م . مالكوم

إذا كان هناك أى تمهيد مناسب لمقال عن د. ليون ليدرمان ، فهو ذلك التمهيد الذى طرحه د. بنجامين إ. مايز (١٨٩٥ - ١٩٨٤). عمل د. مايز رئيسا لكلية مورهاوس من ١٩٤٠ حتى ١٩٦٧ . أطلق د. مارتن لوثر كنج الصغير على د. مايز لقب "الراعى الروحى والثقافى". فالدكتور مايز فيه الهام بالاحلام وللحالمين . وهو يقول :

لاتكمن مأساة الحياة فى ألا نتوصل لهدفنا . وإنما تكمن المأساة فى ألا يكون لدينا هدف نتوصل إليه . ليست الكارثة أن نموت وأحلامنا لم تتحقق ، وإنما الكارثة هى ألا نحلم . ليس عارا ألا نتوصل للنجوم، وإنما العار ألا تكون لدينا نجوم نتوصل لها . الخطيئة ليست فى الفشل، وإنما فى خطة الهدف .

هذا المقال فى تكريم ليون ليدرمان فيه إقرار بما أداه من عمل لتحسين جودة تعليم العلم والرياضة فى مرحلة الحضانة - الصف ١٢ فى الولايات المتحدة بل وفى العالم كله فى الحقيقة . وإذا كان حماسه فى هذا مظهرا رئيسيا لاهتماماته المهنية الحالية ، فإنه حتى أثناء عمله مديرا للمعمل القومى لمعجل فيرمى ظل ينمى ويدعم برامج تعليمية تؤدى لدعم اهتمام الطالب بالفيزياء . وكان تشجيعه ومؤازرته هما إلى حد كبير السبب الرئيسى الذى ادى إلى انشاء أكاديمية إلينوى للرياضات والعلم على يد حاكم الولاية وهيئتها التشريعية من أجل دعم ورعاية الطلبة الموهوبين بهذه الولاية . إلا

أن جسارته تبدو ظاهرة فيما لديه من عزيمة تنهض للتحدي ، وفي جراته في رؤياه ، وتحدي التقاليد إذا لزم الأمر ، حتى تتم أوسع مشاركة في العلم .

النهوض للتحدي :

في ١٩٨٧ ألقى ويليام بنيت ، وزير التعليم بالولايات المتحدة وقتها ، خطابا خص فيه شيكاغو بأن فيها أسوأ منطقة مدرسية في البلاد . وإذا كان البعض الآخر قد يكتفى لاغير بالإستخفاف بهذه الملاحظة إلا أن ليدرمان اعتبر هذا تحديا شخصيا له . ولما كان غير راغب في أن يُبخس قدر ما يزيد عن ٤٠٠٠٠٠ طالب ، معظمهم من الأفريقيين الأمريكيين ، ومن الأصول اللاتينية ، والفقراء ، فإنه حشد دعما لإنشاء أكاديمية المدرسين للرياضيات والعلوم . وبناء على الأبحاث التي تربط أداء الطالب بمعرفة المدرس ومهاراته فقد اتخذت الأكاديمية لنفسها إستراتيجية ومبادئ مباشرة:

- لا يستطيع المدرسون أن يدرّسوا ما لا يعرفون طريقة تدريسه . فيجب أن نفى باحتياجاتهم ؛ وأن نجعلهم يشاركون في الرياضيات والعلوم وكأنها مواضيع لم يتعلموها قط . ويجب استخدام استراتيجيات البحث التي يُعرف أنها فعّالة مع الأطفال . يحتاج المدرسون إلى بيئة آمنة حتى يكتسبوا المعرفة والمهارات المهمة.
- التنمية المهنية يجب أن تشمل المدرسة كلها ، بحيث ينالها بأكبر قدر النظار وهيئة العاملين مثلما ينالها المدرسون .
- التركيز على مدارس التعليم الأساسي للتأكيد على أن الأطفال لن ينصرفوا مبكرا عن تعلم الرياضيات والعلوم .

• التركيز على المدارس التي يكون لها الاستعداد للتغيير والتي لديها النمط الديموجرافي الذي يميز النظام . ينبغي تقديم البراهين التي تدعم فكرة أن كل الأطفال قادرين على التعلم حتى مستويات رفيعة جدا.

• العمل على تقييم البرامج ؛ جمع البيانات لاعطاء معلومات منورة للتدخل ولتوثيق الجهود .

• جعل التدخلات مؤسسة على البحوث . الاستشارة على نطاق واسع ، "الاعتماد على الحكمة المكتسبة من الممارسة".

تكمن الجسارة في مبادرة ليدرمان في عزيمته في أن يأخذ على عاتقه القيام بكل هذه الجهود في منظومة حضرية كبيرة ، وبأن يبدأ بمجموعات سكانية من طلبة ظلوا تاريخيا يؤدون أداء منخفضا في العلم والرياضيات - وحيث قد تظل توقعات أدائهم منخفضة - وأن يبدأ بمدرسين كثيرا ما يكون إعدادهم منخفض المستوى في العلم والرياضيات، وأن يرى أن هناك فرصة ممكنة مع هذا كله .

كان يجب أن تسود رؤاه في النهاية على النظام كله ، إلا أنه لم يحدث قط أن كان هناك التمويل الكافي لوثبة كهذه . وقد يصف البعض هذه المحاولات الأولى بأن فيها مبالغة في الطموح ، إلا أن غرائز ليدرمان جعلته ينفذ ذلك بمقياس يتناسب مع حجم ما كان إزاءه من تحديات ، فقاداته للطريق الصحيح للهدف . استغل ليدرمان شهرته كحائز على جائزة نوبل وكعالم مرموق ليتمكن من التوصل إلى الأفراد الذين ربما يمكنهم دعم هذه المبادرات التعليمية . وكان يقدر أهمية أن يبدأ العمل ، مستخدما أفضل المعلومات المتاحة ، ثم يقوم بالضبط الدقيق لما يلزم من إدخال تعديل بمجرد معرفة المزيد عن الأمر . وربما تشير برامج إدارة الأعمال إلى هذه الاستراتيجية بأنها بطريقة "الاستعداد ، اطلاق النار ، التسديد" . أما من

خبروا منا هذه الطريقة العاصفة لليدرمان فانهم يشيرون إليها فحسب على أنها "الطريقة المميزة لليون" .

وسنجد أن الأبحاث الحديثة عن طرائق تناول اصلاح تعليم العلم والرياضيات بمستوى يتناول المنظومة كلها هي والأبحاث عن الاستراتيجيات الناجحة للتثقيف المهني للمدرسين ، كلها تؤيد ما يوجد من حكمة فى التخطيط الذى حبذه ليدرمان . فالمنظومات فى مرحلة التعليم من الحضانه إلى الصف ١٢ لها طريقتها فى امتصاص واستفاد أى محاولات للتغيير التدريجى . ولا يمكن للمرء أن يأمل فى أى نجاح إلا من خلال العمل الجسور والالتزام بتغيير البنية كلها.

العلم للجميع

التزمت أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم ، منذ بدايتها بتعهد مجموعة متباينة من الطلبة واتبعت اسلوبا مناضلا لزيادة أعداد مجموعات الطلبة الذين يقل العدد الممثل لهم فى دراسة الرياضيات والعلم . وبدلا من أن تعلن أن طلبة الأقليات غير قادرين على أن يؤدوا - أو غير مهتمين بالاستفادة من - برامج الأكاديمية التى زدت ثراء ، وبدلا من أن يخفضوا من مستوى دخول الأكاديمية ، فان قيادة المدرسة عملت على معالجة العقبات الأخرى التى كثيرا ما يواجهها هؤلاء الطلبة :

- * نقص المعلومات حول فرض البرنامج ،
- * الحاجة إلى مزيد من التأكيد على التفوق لأبعد مدى مع الاندماج المبكر،
- * الحاجة لإعداد مبكر من نوع أفضل .

تعكس القيم الأساسية للمعهد الإيمان بالحاجة إلى رعاية الموهبة أينما تكون. وتتطبق هذه القيم بالمعنى الواسع على صميم ما يؤمن به

ليدرمان ، سواء من حيث توفير الفرص للأطفال الذين يولدون فى فقر أو توفير فرص البحث للعلماء الآتين من بلاد نامية . هكذا فإن التراث الذى سيتركه لنا ليدرمان هو أن نعيش هذه القيم ، وأن نجذب إلى دائرتنا الآخرين ممن يشاركون فى هذه القيم . ينعكس هذا التراث من التنوع من وجوه عديدة لأكاديمية إلينوى ، ويزداد انعكاسا من وجهها فى معمل فيرمى، وينعكس بكل تأكيد من وجوه المدرسين والطلبة الذين استفادوا من خبرة أكاديمية المدرسين للرياضيات والعلم .

تحدى التقاليد

ظلت الفيزياء بطرائق كثيرة أكثر العلوم انغلاقا على الجمهور العام . ولا يكاد يدرس مقررا رسميا للفيزياء إلا جزء صغير من خريجى المدارس الثانوية ، ويرجع هذا إلى حد كبير إلى وضعها فى المنهج الدراسى للمدارس الثانوية بالولايات المتحدة فى ذروة المقرر الدراسى فى معظم برامج العلم . وحسب ما أورده المركز القومى للإحصائيات التعليمية (ليجوم ٢٠٠١) لم يكمل مقررا فى الفيزياء إلا أقل من ٢٥ فى المائة من كل خريجى المدارس الثانوية فى ١٩٩٤ (أنظر جدول (١)) . وهذا بالمقارنة بنسبة ٥٩ فى المائة للكيمياء و ٩٣ فى المائة للبيولوجيا . أما فى ١٩٩٨ فيقرب من درسوا مقررا فى الفيزياء من ٢٩ فى المائة من كل خريجى المدارس الثانوية . وعندما نحلل أعداد من درسوا هذا المقرر حسب العرق والجنس Sex ، تظهر لنا قلة الفرص المتاحة للإناث ، ولتمثيل طلبة الأقليات بين من يدرسون الفيزياء .

ونجد أنه بسبب الطريقة التى تدرس بها الفيزياء تقليديا، وحسب النتائج التى أظهرتها الدراسة الثالثة للرياضيات والعلم ، فإنه حتى طلبة الولايات المتحدة الذين يلتحقون بفصول للفيزياء فى مدارس ثانوية على أرفع مستوى يبدو أنهم يتركون المدرسة وهم على مستوى فى تفهم المفاهيم

الأساسية للفيزياء أقل ممن يقارنون بهم من طلبة البلاد الأخرى (وزارة التعليم بالولايات المتحدة ١٩٩٨) .

هناك منظومات مدرسية كثيرة ليس فيها إلا قلة من المدرسين الذين يحملون مؤهلا لتدريس الفيزياء . ويصدق هذا بوجه خاص في المناطق الحضرية الكبيرة. وعدد من يدرسون الفيزياء كمقرر أساسى فى الكليات والجامعات عدد قليل يزداد انخفاضا . وتدل البيانات الحديثة من المعهد الأمريكى للفيزياء على أن عدد الأفراد الذين تلقوا درجة بكالوريوس الفيزياء فى ١٩٩٩ كان الأقل عددا فى أربعين سنة، رغم وجود زيادة فى إجمالى عدد درجات البكالوريوس التى منحت . ولعل مما لا يثير

جدول ١ . أنماط دراسة المقررات العلمية
بين خريجي المدارس الثانوية فى ١٩٩٤

الفيزياء	الكيمياء	البيولوجيا	
٢٨,٨	٦٠,٤	٩٢,٢	العدد الكلى
٣١,٧	٥٧,١	٩١,٤	ذكور
٢٦,٢	٦٣,٥	٩٤,١	إناث
٣٠,٧	٦٣,٢	٩٣,٧	بيض
٤٦,٩	٧٢,٤	٩٢,٩	أسيويون / المحيط الهادى
٢١,٤	٥٤,٣	٩٢,٨	سود
١٨,٩	٤٦,١	٨٦,٥	هسباناً ^(١)
			أمريكيون محليون ^(٢)
١٦,٢	٤٦,٩	٩١,٣	أو سكان ألاسكا المحليون

(اليجوم ٢٠٠١)

^(١) من أصول لاتينية أو من أمريكا الجنوبية . (المترجم)

^(٢) الهنود الحمر . (المترجم)

الدهشة أن إسهام النساء وأفراد الأقليات زاد انخفاضاً في الفيزياء عما في مجالات المواضيع الأخرى التي تتطلب إعداداً كمياً مماثلاً ، كمجالات مثل الهندسة (مولفى ٢٠٠١).

بل وعلى الرغم من أن أكثر من ٩٠ في المائة من كل خريجى المدارس الثانوية يكملون مقرراً يُسمى البيولوجيا ، إلا أنه من غير المرجح أن نجد أن ما ينبثق من أفكار ومفاهيم مهمة في هذا المجال هي مما يمكن أن يتقنها الطلبة ، ذلك لأنها تعتمد على معارف تُكتسب عادة من مقررات تسمى الكيمياء والفيزياء . وإذا أدرك ليدرمان التناقض الظاهر في ذلك ، فإنه بدأ حركة سماها "الفيزياء أولاً" (ليدرمان ١٩٩٨) . فاقترح تغيير الترتيب الذى تقدم به العلوم في المدرسة الثانوية ، فنبداً بالفيزياء باعتبار أنها مجال أكثر تأسيساً على الظواهر . أما من اقترحوا التركيز على المعايير فقد حاجوا بأن من غير المرجح ان يؤدي ذلك إلى حل مشكلة دراسة المقررات العلمية في المدرسة الثانوية ، ورفض أفراد كثيرون من المشتغلين بالفيزياء فكرة نقل الفيزياء من وضعها فى القمة . وحاجوا بأنه لو أن الفيزياء أتت أولاً فسيلزم تدريسها للجميع ، بما في ذلك أولئك الذين يعتقد الكثيرون أنهم عاجزون عن تعلمها .

وأشار البراجماتيون إلى مشاكل حشد جيش من المدرسين لتوفير مقرر كهذا، وإلى مشاكل إنشاء المقررات وإعادة توزيع المقررات فى المستوى المناسب، والتأكد من أن الرياضيات ، على الأقل فى مستوى الجبر، سيلزم الانتهاء من دراستها بحلول الوقت الذى يدرس فيه الطلبة الفيزياء ، وما إلى ذلك . ورأى آخرون ، بما فيهم مؤيدو مبدأ العلم للجميع، أنه توجد بذلك فرصة لدعم فكرة تعليم العلم والرياضيات حتى مستويات رفيعة للطلبة من الأقليات و للطالبات الإناث . أدرك ليدرمان أنه لابد وأن هناك فى مكان ما بعض أفراد يؤدون التعليم بهذه الطريقة ، فأخذ يبحث عن

هؤلاء الخوارج. وأينما وجد أعدادا أكبر فيما بين كل الطلبة يتلقون مقررات علمية من كل نوع قدرها أكبر كثيرا . وإذا شجعت هذه الاكتشافات فقد زاد من ضغطه من أجل قضيته .

نال ليدرمان منحة صغيرة من وزارة التعليم بالولايات المتحدة ليجمع معا مجموعة صغيرة من المهنيين ، ورجال السياسة ، والمؤمنين بهذا الرأي، واللاادريين، حتى يتصوروا ما الذى يمكن أن يبدو عليه العلم عبر برنامج كلى للمدرسة الثانوية . وعدل من فكرته الأصلية فى طرح العلوم بمقرر I, II, III ، أى بمقررات تكون بالترتيب فيزياء فى معظمها، ثم كيمياء فى معظمها ، ثم بيولوجيا فى معظمها . ويترك هذا التخطيط مجالا لدمج مفاهيم عن الأرض وعلم الفضاء ، والتكنولوجيا ، وما أشبه ، كما أنه يتيح للطلبة أيضا أن يتابعوا أيا من هذه المجالات بمزيد من التعمق. لم تكن الفكرة بالضرورة هى تكوين مزيد من الفيزيائيين (وإن كان هذا قد يكون إحدى النتائج) وإنما الفكرة هى العمل على زيادة معرفة كل فرد بالعلم زيادة بالغة. سيكون ليدرمان أول من يقر بأن هذه الخطة ليست هى "الحل" ولكنها تمثل الإجابة عن القائمة الحالية لعلوم المدرسة الثانوية التى لا تقيد معظم الطلبة إلا أقل فائدة ، وحيث معظم الطلبة لا يتعلمون أى فيزياء ويتعلمون عن البيولوجيا الحديثة الشئ القليل الذى يحتمل أن يكون كل ما سوف ينور اتخاذهم للقرارات طول حياتهم .

أثار ليدرمان الحوار بهذا الشأن ، بما أضاف بعدا لمن يعملون بيننا على التماس استراتيجيات انتقالية تساعد على تشكيل جسر بين ما هو موجود لدينا وبين ما نؤمن بأننا نحتاج إليه حقا . ومازال القوم يتحدثون . والجسارة وحدها هى التى تستطيع أن تدفعنا بعيدا عن مبدأ التدريجية . ولايمكن إلا لمن يكون داخلا فى صميم الأمر (أى من يكون فزيائيا لا أقل) أن يستطيع

تحدى التقليد الذي يعتبر أن الفيزياء مقرر نخبوى ، فهذا أمر قد يعد طرحه قريب من الهرطقة .

الاضطلاع بأمر العالم

لا يقتصر نقص جودة تعليم العلم والرياضيات على أن يكون مشكلة فى منظومات المدارس الحضرية فى الولايات المتحدة وحدها . كما أن دعم المدرسين حتى يدمجوا طرائق التناول بالممارسة العملية والطرائق المؤسسة على البحث فى تدريس وتعليم العلم قد لا يكون الاستجابة التى تناسب ما فى الولايات المتحدة وحدها.

زار جورج شابراك ، الفرنسى الحائز على جائزة نوبل ، أكاديمية مدرسى الرياضيات والعلم فى شيكاغو كما زار أيضا عددا من المدارس المصاحبة للأكاديمية. وأدرك فى التو أن هذا نموذج يمكن تكييفه ليعالج مشاكل مشابهة حول تعلم العلم فى فرنسا . عاد شابراك إلى فرنسا وقد أخذ معه اشرطة طويلة من الفيديو ورتب لحضور لقاءات مع ليدرمان فى فرنسا لبدء حملة لاستخدام طرائق التناول المؤسسة على البحث والممارسة العملية لتدريس وتعلم العلم . واستطاع شابراك اشراك وحشد أعضاء أكاديمية العلوم الفرنسية للاضطلاع بهذه المحاولة . والآن فقد أصبح ما بدأ كمشروع استطلاعى ينفذ حاليا فى البلد كلها . وأصبح هناك برنامج لدعم الممارسة العملية للعلم والعلم المؤسس على البحث

(<http://www.inrp.fr/lamap/reseau/interna/map-en.htm>)

ينفذ فى المدارس الابتدائية بفرنسا ويؤدى إلى ثورة ليس فحسب فى تدريس وتعلم العلم فى هذه المدارس وإنما يؤدى أيضا إلى ثورة فى بناء علاقة عمل بين التعليم والمجتمعات العلمية .

وبرنامج الممارسة العملية الفرنسي La Main à la Pâte قد أصبح مشتركاً مع بلاد أخرى عبر العالم كله . وترجمت وثائق العمل الرئيسية إلى الصينية ، وتأسست هيئة مشتركة للمساعدة على طرح النموذج في الصين .

استطاع ليدرمان أن يستخدم "التسويق الفيروسي"^(*) لاستعماله في تعلم العلم بالبحث والممارسة العملية على مستوى المدارس الابتدائية . وقد دعم ذلك هو وزملاء له من فرنسا باعتبار الأمر محاولة عالمية وصلت إلى بلاد في أفريقيا وآسيا والأمريكتين. ولعل المركزية الموجودة في المناهج المدرسية بالبلاد الأخرى بالكرة الأرضية تتيح سرعة أكبر في اتخاذ ما هو جوهري من الاستراتيجيات التعليمية ، على أنه يحدث في كل مكان ، مثلما حدث في شيكاغو ، أن عملية التنفيذ الشاقة تكاد دائماً تتبع سرعة زمنية أكثر بطئاً . ولا بد أن يكون للمثابرة وجود كعنصر في كل الخطط ، وأن يصحب ذلك تنمية الموارد لدعم العمل في المدارس.

النتيجة الخالصة

كان مبحث هذا المقال - الاضطلاع بالمشاكل التي تستحق أن يبذل فيها المرء وقته وجهده وطاقته - مبحثاً سهلاً الاختيار . كما كانت الأمثلة مما يسهل العثور عليه. ويخصص ليدرمان المهام لكل اصدقائه وزملائه . وعموماً فإنهم يضطلعون بها لأننا نؤمن بأنه قد أنجز من قبل الكثير من الفحص المدقق فيما يتعلق بمغزاها وأهميتها.

عندما نجتمع (كما أمل) في الاحتفال المئوي بميلاد ليدرمان ، سيكون لا يزال أمامنا قامة طويلة مما "يجب فعله" لتعليم العلم والرياضة

(*) التسويق الفيروسي Viral maketing : طريقة للتسويق بالكمبيوتر بأن يتسلسل الاعلان عن السلعة التي تسوق منتشرة كالفيروس في المواقع المختلفة ، وتتجح هذه الطريقة في توجيه جمهور المشاهدين لطلب السلعة.(المترجم)

للصفوف من الحضانة حتى الصف ١٢ . ومن المرجح أن ستكون بعض الأعمال التي لم تنته بعد مازالت كما هي (أى بالنسبة للتنفيذ) . ومن المأمول أنه ستتوفر أيادى أكثر للعمل فى مهمة تخفيض بنود القائمة ؛ ومن المأمول أن يتأتى ذلك من قطاعات كثيرة مختلفة لابد وأن لديها هذه المشاكل . وإذا كان هذا سيحدث فإن الكثير منه سيكون راجعا إلى المثل الذى أقامه ليون ليدرمان ، الذى لا يجفل أبدا من العمل الشاق ومن مواجهة المشاكل الكبيرة .

المراجع :

- Lederman, L. M., M. Bardeen, W. Freeman, S. Marshall, B. Thompson, and M. J. Young. ARISE: American Renaissance in Science Education Three-Year High School Science Core Curriculum: A Framework. Batavia, Ill.: Fermilab-TM-2051, 1998.
- Legum, S., U.S. Dept. of Education, Office of Educational Research and Improvement, et al. The 1998 High School Transcript Study Tabulations: Comparative Data on Credits Earned and Demographics for 1998, 1994, 1990, 1987, and 1982 High School Graduates. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Education, Office of Educational Research and Improvement, 2001.
- Mulvey, Patrick J., and Starr Nicholson. "Enrollments and Degrees Report." Institute of Physics (2001) AIP report R-151.37.
- U.S Department of Education, National Center for Education Statistics. Pursuing Excellence: A Study of U.S. Twelfth-Garde Mathematatics and Science Achievement in International Context. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1998.

سحر العلم

مايكل س. تيرنر

وصلت فى يناير ١٩٩٨ إلى واشنطن العاصمة فى ظروف جد محزنة . ذلك أن دافيد م. شرام الذى كان راعيا لى فى دراستى ثم صديقا حميما ، مات ميتة مأساوية قبلها بأسابيع قليلة . وذهبت هناك لأرأس جلسة لاهياء ذكراه فى الجمعية الأمريكية الفلكية . أخذت بعد الجلسة أطوف بلا هدف حول غرفة مليئة بأوراق ملصقات علمية^(١) . وأمسك بى سول بيرلموتر رئيس المشروع الكونى للسوبرنوفافى بيركلى وسألنى إن كنت أريد أن أرى شيئا مثيرا للإهتمام.

كان البحث الذى قدمه بيرلموتر قد أنزلت مرتبته إلى ورقة ملصق علمية لأنه وصل فى وقت متأخر بحيث لا يمكن إدراجه فى البرنامج النظامى المعتاد . وأدى ما عرضه على إلى أن أغير من اتجاه أبحاثى وأعيد شحن بطارياتى العلمية . كما أنه أدى إلى تغيير مسار علم الفلك والفيزياء . وهذا هو سحر العلم الخاص - أن تدهشنا الطبيعة .

ظل بيرلموتر وفريقه لأكثر من عشر سنوات يحاولون قياس ما يحدث من إبطاء هين فى تمدد الكون بسبب الشد الجذبوى الكونى لكل ما يحويه الكون . ومنذ اكتشاف إدوين هابل للتمدد نفسه ، ظل قياس هذا الإبطاء يُعد الكأس المقدسة فى علم الكون . فسوف يؤدى الكشف عنه إلى إثبات فهمنا للطريقة التى تعمل بها الجاذبية عند المقاييس الأكبر ، كما أنه سوف يتيح لنا فى الوقت نفسه أن نحدد مصير الكون . فإذا كان الإبطاء قليلا أو

^(١) مع كثرة أوراق البحث فى المؤتمرات العلمية اصبح بعضها يلقى الباحث والبعض الآخر فى شكل ملصقات. (المترجم)

منعدما سيعنى هذا أن يستمر التمدد إلى الأبد ؛ وإذا كان الإبطاء بمقادير كبيرة سيعنى هذا أن يحدث فى النهاية أن يعود الكون إلى الإنكماش ليصل إلى التقلص الكبير .

والحيلة المستخدمة فى هذا كله أن نستخدم الأجرام البعيدة جدا لننعم النظر وراء فى الماضى . وحيث أن الزمن الذى يستغرقه الضوء لينتقل إلينا من الأجرام البعيدة هو زمن له قدره ، فإننا نرى هذه الأجرام وهى فى عصر أكثر تبكيرا . والنقطة الجوهرية هى أن نعثر على الأجرام المناسبة لأن تكون علامات الطريق الكونية حتى نرسم خريطة تاريخ التمدد . يستخدم علماء الفلك لهذا الغرض ما يسمى بالشموع القياسية - أجرام لها نصوع جبلى معروف - يمكن رؤيتها عبر الكون . وأكثر هذه الأجرام نصوعا ، هى نجوم سوبرنوبا من نوع "Ia" (نجوم أقزام بيضاء^(*)) وزنها أكبر من الشمس بما يقرب من ٤٠ فى المائة وتمر بمرحلة تفجر حرارى عنوى بالكامل) ونصوعها يفوق المجرات التى تستضيفها فى فترة هذا النصوع المجيد الذى يستمر لشهر أو ما يقرب . إذا قسنا بدقة مدى نصوع نجوم السوبرنوبا البعيدة كما يبدو على الأرض ، فإننا نستطيع استنتاج مسافة بعدها (كلما كانت أكثر بعدا بدت لنا أكثر شحوبا) . باستخدام هذا التكنيك منذ عقد من السنين أخذ بيرلموتر وفريقه يتتبعون مسار تاريخ تمدد الكون وراء لزمان يبلغ عشرة بلايين عام.

لا شك أن الحديث عن هذا كله أسهل من فعله . فالمجرة النمطية لا توجد فيها نجوم سوبرنوبا إلا مرة واحدة كل مائتى سنة . وعلينا متابعة آلاف من المجرات سنويا حتى نحصد حفنة من نجوم السوبرنوبا . أخذ بيرلموتر

(*) بعض النجوم من وزن معين عندما ينفد الوقود من فرنها النووي الموجود فى قلبها ، تتغلب فيها قوى الجاذبية على قوى التمدد ويتقلص حجمها بالجاذبية إلى ما يسمى بالنجم الأبيض . (المترجم)

وفريقه يبحثون عن تلك البصمة التى تشى بوجود أحد السوبرنوفات
مستخدمين أكبر كاميرا رقمية فلكية كان قد صنعها تونى تايسون فى معامل
بل ، هى وبرامج كمبيوتر أنشأوها لمقارنة صورتين للسماء قد التقطتا فى
زمنين مختلفين ، وهذه البصمة الواشية هى : اختلاف فى بروفيل الضوء
للصورتين الملتقطتين لإحدى المجرات . وبعد أن مروا بفترات نجاح كثيرة
وفترات فشل أكثر ، تتضمن غناء نشيد "لن تتجحوا أبدا" تتشده جوقة من
الكثيرين من علماء الفلك ، وصلوا فى ١٩٩٨ إلى إعلان نتيجتهم المذهلة :
إن الكون يتسارع ولا يتباطأ . وفى هذا الاكتشاف انقلاب صاعق للأمور .
وأراد الفيزيائيون مثلهم مثل علماء الفلك أن يعرفوا كيف يمكن أن يكون
الأمر هكذا . وددت ألا أكون بعيدا عن هذه المباراة الممتعة ، فحولت بؤرة
أبحاثى إلى هذا السر الجديد.

المفروض فى الجاذبية أن تكون جاذبة . ما الذى يمكن أن يسبب
التسارع؟ وماذا يعنى هذا بالنسبة لكثافة الكون ؟ هل من الممكن أننا لا نفهم
الجاذبية فهما جيدا كما كنا نعتقد ؟ هل كانت نتيجة بيرلموتر صحيحة حقا؟

السؤال الأخير من هذه الأسئلة هو الوحيد الذى نستطيع الإجابة عنه
ببقين . حدث بعد ذلك بشهر أن وجد فريق آخر يقوده بريان شميدت فى
استراليا النتيجة المذهلة نفسها : فتعدد الكون يتسارع ، ولا يتباطأ. استخدم
فريق شميدت نجوم السوبرنوفات أيضا ، وتصادف أن استخدم الكاميرا الرقمية
نفسها . وأتت أدلة بعدها بعام من مصدر مختلف تماما - خلفية الكون
الميكروويفية - أكدت ما يحدث من تسارع الكون . ليست هذه النتيجة
السحرية الآتية من الطبيعة مماثلة للخدع البصرية لأحد السحرة ، فهى لا
تضيع عبثا . الجاذبية كما نعرفها قوة جاذبة . ولكن هناك ثغرة من نوع ردى
فى نظرية النسبية العامة لأينشتين ، ثغرة استخدمها أينشتين نفسه. فالجاذبية
يمكن أن تكون قوة تنافرية - ليس جاذبية المادة وإنما جاذبية خامة خارقة

جدا للمعتاد وغريبة جدا مثل طاقة العدم . حاول أينشتين تشكيل كون استاتيكي ، بأن يوازن بين الجاذبية التنافرية الموجودة فيما سماه بأنه ثابت كوني إزاء الجاذبية الجذبوية التي في المادة . إلا أنه عندما تم اكتشاف تمدد الكون سارع إلى نبذ هذه الفكرة ، وأسمها "أفدح أخطائي".

عرف الفيزيائيون لما يقرب من أربعين سنة أن الثابت الكوني لأينشتين ليس مما يمكن نبذه بهذه السهولة . فسواء شئنا أم لم نشأ ، فإن هناك جاذبية تنافرية يمكن أن تتبثق بسبب طاقة الفراغ الكمومي . وحسب الفيزياء الكلاسيكية فإن الفراغ - الفضاء الخاوي الموجود بين الأشياء - يكون حقا خاويا . على أن ميكانيكا الكم غيرت هذه الصورة جذريا . فالفراغ الكمومي يفيض حيوية بالجسيمات ومضاداتها وهي تتوالت لداخل الوجود وخارجه ، وتعيش على ما تقتضيه من الزمن والطاقة . ثبت وجود هذه الجسيمات الافتراضية في تجربة جميلة أجراها في أواخر أربعينيات القرن العشرين ويليس لامب . وثبت أن الفراغ الكمومي يسلك بالضبط مثل الثابت الكوني المنبوذ لأينشتين . فتثبت أينشتين الكوني "يجب" أن يكون موجودا .

ومقدار ما يظهره الفراغ الكمومي من جاذبية تنافرية يعتمد على مقدار وزن الفراغ فكلما زاد وزنه تزداد تنافريته (تماما مثلما تكون جاذبية الشمس أقوى مليون مرة من جاذبية الأرض التي تزن أقل من الشمس بمليون مرة) . هكذا تكون النقطة الجوهرية أن بيرلموتر عندما يقيس مقدار التسارع الكوني فإنه يقيس وزن العدم.

إلا أن هناك مشكلة ، مشكلة كبيرة جدا . ذلك أن محاولات منظرى الكم لحساب مقدار وزن "العدم" أدت إلى أكبر مأزق في الفيزياء النظرية : فكل الإجابات تصل إلى مقادير كبيرة بما لا يعقل . يؤدي هذا التناقض المهول عند الكثيرين ، إلى أن يطرحوا أنه عندما نتفهم الأمر كله، سنجد أن العدم الكمومي يزن في الواقع لاشئ (وهذا أمر معقول تماما) .

إذا كان وزن اللا شيء هو لا شيء فلا بد أن هناك شيئا أعجب حتى من طاقة الفراغ الكمومي هو المسئول عن التسارع الكوني . وحتى يكون لهذا الشيء إسم سوف أدعوه بالطاقة المظلمة لأنه يشبه الطاقة أكثر من المادة ولا يمكننا رؤيته مباشرة بالتليسكوبات . وهذه الطاقة المظلمة الغريبة تسبب ثلثي محتوى الكون ولا نعرف ماذا تكون .

لماذا نهتم إذن بما تكونه الطاقة المظلمة ؟ لا أقل من أن مصير الكون نفسه يعتمد عليها. إذا كان التسارع الكوني يرجع إلى طاقة الفراغ الكمومي ، فسوف يستمر للأبد ، وبنسائج كريهة . وفي خلال ١٥٠ بليون سنة ستصبح كل المجرات ، فيما عدا مئات قليلة ، أشحب جدا من أن نراها ، مخلفة إيانا في وحدة بالغة . وفي الحقيقة، سيكون الحال أسوأ كثيرا من الوحدة : ذلك أننا نجد أنه في الكون المتسارع تكون مصادر الطاقة الكونية متناهية ، بما يجعل وجود حياة ذكية مجرد خيال في الماضي. على أنه إذا كانت الطاقة المظلمة شيئا آخر ، فإنها قد تتبدد ، الأمر الذي ينتج عنه تباطؤ كوني ، ومستقبل كوني أزهي كثيرا . وهناك اقتراحات عما يكونه هذا الشيء الآخر تتراوح بدءا من وجود شبكة شديدة التعقد من أوتار كونية تملأ الكون ووصولاً إلى مفعول أبعاد غير مرئية مضافة إلى الفضاء.

تسبب سرعة الكون صداعا لأصحاب نظرية الأوتار أيضا (وإن بدت كالموسيقى في آذان البعض) . وحيث أن نظرية الأوتار هي الأمل العظيم لإتمام زواج ميكانيكا الكم مع الجاذبية وتوحيد كل القوى ، فإنها ينبغي أن تذكر لنا شيئا حول جاذبية طاقة الكم . ولا يقتصر أمر نظرية الأوتار على إلقائها الضوء على الطاقة المظلمة ، ولكن بعض منظري الأوتار يعتقدون أيضا أن التسارع الكوني هو ونظرية الأوتار أمران لا يتوافقان .

أصبحت أعوامنا بعد اكتشاف بيرلموتر أعواما مثيرة . وأخذت الأمور تتغير سريعا ، مع ظهور أسئلة جديدة ، وأدلة أكثر على التسارع

الكونى ، وظهرت أفكار جديدة . كما ظهرت فى الغالب بلبله أكثر . مازلنا لا نملك أى مفتاح لحل لغز ما تكونه الطاقة المظلمة ، ولكننا واثقون من أهميتها القصوى. كما أننا أيضا نعيش أمتع أوقات حياتنا .

هكذا فإن الطبيعة هى لاغير أحذق وأبرع مما نكونه ، وإن كان العلماء ، وخاصة المنظرين يكرهون الإقرار بذلك . ونحن لا نكاد نعتقد أننا قد فهمنا كل شئ حتى تبغتنا مفاجأة كبرى . وبالطبع ، فمع معرفتنا الأكيدة بأن 'الطبيعة' ستظل من حين لآخر تفاجئنا ثانية بطريقة رائعة عميقة ، فإن هذا يجعلنا نبقى ساهرين لوقت متأخر من الليل . وكلما فعلت الطبيعة ذلك يصبح حالنا مثل حال الأطفال الصغار صباح عيد الميلاد .

ماذا سيحدث بعد ؟ لعل وقوع مفاجأتين رائعتين حقا أثناء حياة العالم هى أكثر جدا مما يمكن أن يأمله . ولكننى على أى حال سأظل متعلقا بالمستقبل المنظور فى محاولة لأن أفهم ما تكونه الطاقة المظلمة .

هدف المدارس (فى رأى) هو انتاج خريجين يستطيعون معالجة (*) الأمور
والازدهار فى العالم الذى ينشأون فيه . ولكن هذا العالم يتغير (فهو ليس عالم
المدرسين ، والآباء ، ومديرى المدرسة ، ولاحتى عالم الرئيس كلينتون..)

(*) يجب بالطبع أن يعالجوا أمور حياتهم هم ، ولكن عليهم أيضا أن يلعبوا
دورا فى اتخاذ القرار بشأن الطريقة التى ستستخدم بها المدينة ، والولاية ،
والأمة إمكانات التكنولوجيا الجديدة المروعة :



من أجل فائدة البشرية

(بوادبست / WCS

أو

من أجل الجشع والخوف

الجزء الثالث

إعادة تشكيل

إطار تدريس العلم

اشرب عميقا والا لن تتذوق ينبوع المعرفة

تأملات في تدريس
وتعلم العلم (*)

ستيفن جاى جولد

معظم عبارات الاقتباس المشهورة تكون مختلفة ؛ فأيا كان الحال من ذا الذى يستطيع أن يدبر عبارة من هذا النوع بسرعة خاطر بالغة فى لحظة من أقصى الضغط فى معركة أو قبل موته مباشرة ؟ لاشك أن القائد العسكرى لن يغمغم وقتها إلا بعبارة سوقية كأن يقول " عليهم اللعنة ، هاهم يأتون " ، بدلا من يقول عبارة ملهمة مثل " لا يطلق أى واحد منكم النار حتى يرى بياض أعينهم " . ونحن بالمثل ، نعرف سطورا كثيرة من الأدب العظيم نسئ اقتباسها بطريقة قياسية بدلا من أن نذكر العبارة بدقة . فبوجارت لم يقل أبدا ، " أعد القيام بها يا سام " ، والمسيح لم ينادى بأن " من يعيش بالسيف سيموت به " . ومما يثير السخرية ، بالنسبة لهذا الإصدار الخاص عن التعلم، أن أشهر كل الاقتباسات يبدو مسطورا فى خرق حيث وضعت هنا كلمة

(*) مقال ستيفن جاى جولد " اشرب عميقا ، والا لن تتذوق ينبوع المعرفة " : تأملات فى تدريس وتعلم العلم " ظهر لأول مرة فى مجلة "ناتشيورال هيستورى" (التاريخ الطبيعى) ، سبتمبر ١٩٩٧ . ونشر هنا بإذن من المجلة . حقوق النشر يملكها المتحف الأمريكى للتاريخ الطبيعى.

"المعرفة" بدلا من الكلمة الأصلية (Pierian) . دعنا إذن نعيد وضع كلمتنا المحتقن بها كما كانت في "مقال عن النقد " لألكسندربوب:
تَعْلُمُ القليل شئٍ خطر ،
إشرب عميقا . وإلا لن تتذوق "ينبوع المعرفة" (Pierian spring)
فالجرات الضحلة هناك
تسكر المخ ،
والشرب بجرات كبيرة يفيقنا ثانية .

لدى نظرية حول استمرار بقاء هذا الاقتباس الذي يساء الاستشهاد به نمطيا وهو أن "المعرفة القليلة شئٍ خطر" ، ونظريتي فيها حدس أستطيع أن أدعمه من خلال الإدلاء بشهادة شخصية محرجة . أعتقد أن الكتاب يقاومون أن يستشهدوا بهذا الاقتباس استشهادا كاملا دقيقا لأنهم لا يعرفون معنى السطر الثاني الحاسم . فما الذي يكون بحق الشيطان معنى "ينبوع المعرفة" وكيف يمكن للمرء أن يفسر الاقتباس إذا كان لا يعرف ذلك ؟ وهكذا يجتزأ السطر الأول وحده من الذاكرة المضللة ، وتختفي كلمة "التعلم" .

أقسمت أني قبل أن أبدأ هذا المقال الصغير عن تعلم العلم أن أفهم ما يكونه ينبوع المعرفة (Pierian spring) حتى تتوافر لي الجراءة للاستشهاد بهذا المقطع الذي لم أستشهد به قط خوفا من أن يسألني أحد عنه . وثبت في النهاية أن "الإجابة ميسرة على نحو بهيج - بعد دقيقتين من اتباع مفتاح زائف في الموسوعة (وقراءة مقالين لا علاقة لهما بالموضوع حول فنانين إسمهما 'بييرو') ، اعقبهما تحول مفيد إلى " قاموس أوكسفورد للإنجليزية" . يخبرنا هذا المرجع المحترم أن بييريا (Pieria) هي " منطقة في شمال ثيسالي ، الموطن المشهور لآلهات الفن الاغريقيات (Muses) " . وبالتالي فإن (Pierian) تصبح " نعتا لآلهات الفن ؛ وبالتالي فهي تستخدم كتلميح يشير إلى الشعر والتعلم" .

هكذا أخذت أتأمل أمر التعلم . ألا توضح قصتي الصغيرة هذه حالة عامة. نحن نخاف أن الشيء الذي نريد أن نتعلمه سيكون صعبا وأنا حتى لن نستطيع أبدا أن نكتشف طريقة تفهمه . وبعدها ، فإننا حين نحاول ذلك فعلا ، نجد أنه سهل - مع ما يصحب هذا الإكتشاف من بهجة ، ذلك أنه لا توجد متعة أكبر من متعة العثور على الحل الأكيد للفرص صغير. والحل سهل طالما تكون لدينا أدوات متاحة لذلك (لايتاح لكل فرد التوصل مباشرة " لقاموس أوكسفورد للانجليزية" ؛ ومما يثير الأسى بأكثر أن معظم الناس لم يتعلموا قط كيف يستخدمون هذه الموسوعة الموجزة العظيمة أولا يعرفون حتى بوجودها) . التعلم يمكن أن يكون سهلا لأن العقل البشرى إسفنجية للتعقل مسامها لها قدرة مذهلة على التثرب ولها نهم شديد ، هذا إن كان هناك تعليم وتشجيع على النحو الصحيح الذي يبقى هذه المسام متفتحة .

من الأوضاع الشائعة في ثقافتنا ، والتي يشكو منها المدرسون ، أن العلم (science) من بين كل الموضوعات ، تبلغ مرتبته أن يكون أصعب موضوع للتعلم وبالتالي فهو الأندر بين كل فروع المعرفة وأقلها في أن يتاح الوصول إليه . قد يكون العلم شيئا محوريا في حياتنا العملية ، ولكن محتواه يظل غامضا بالنسبة لكل الأمريكيين تقريبا ، وبالتالي فإنه لا مفر لهم من أن يستخدموا فوائده مع افتراض الإيمان به (يشغل الواحد منهم سيارته أو جهاز الكمبيوتر وهو يصلى آملا أن يعمل هذا الشيء) أو وهم يخشون قدراته واقتحاماته الغربية عليهم (هل سيسرق نسيخي شخصيتي ؟ هل سيؤدي احتراق الأرض مثل بيت النباتات إلى إغراق مدينتي ؟) . ونحن نتوهم أن معرفة الجماهير بالعلم قد تكون ضحلة إلى حد خارق للمعتاد ، وذلك لأنه لا يوجد إلا قلة ممن يهتمون بموضوعه أو يكونوا على دراية به (وهذا يرجع إلى حد كبير إلى الخوف أو إلى مزاعم لاصلاحية لها مطلقا) وكذلك لأن من يعلنون اهتمامهم بالأمر تكون قدرتهم على الفهم سطحية أكثر مما ينبغي . وبالتالي فحتى يستمر الأمريكيون في استخدام إستعارة بوب المجازية

المعكوسة فإنهم يتحاشون الشرب العميق الذى تتطلبه الإفاقة ويحافظون على قلة تعلم العلم بما فيها من خطر.

أكتب هنا لأحاج أن هذا الاعتقاد الشائع بين رجال التعليم بما يكاد يشبه التعاويذ ، هو اعتقاد خطأ بالكامل وهو أساسا نتيجة خطأ شائع فى علوم التاريخ الطبيعى (بما فى ذلك علم الاجتماع الانسانى فى حالتنا هذه) فهو تصنيف زائف. وأنا أعتقد أن العلم مما يتاح التوصل له على نحو رائع، وإن معظم الناس يظهرون اهتماما قويا به ، وأن مستويات التعليم العام وصلت إلى مستوى مرتفع تماما (وإن كان ذلك من خلال ثقافة عامة نقر بأنها مضادة للعقلانية) ، ولكننا نخطئ عندما نفشل فى أن نضع فى الداخل من نطاق العلم أقصى ما تبلغه مجالات تعلم الجماهير. (وأنا مثل بوب أميز بالفعل بين التعلم ، أو الفهم العميق بواسطة جهد وممارسة طويلين ، وبين مجرد المعرفة، التى يمكن نسخها ميكانيكيا من أحد الكتب.)

وأنا بالطبع لا أزعم أن معظم الناس لديهم المهارات التكنيكية العالية التى تؤدى إلى الكفاءة المهنية . إلا أن هذا هو الحال بالنسبة لأى موضوع أو حرفة ، حتى فى أقل الإنسانيات اتصافا بالغموض والصبغة الرياضية . فلا يستطيع العزف فى أوركسترا سيمفونى إلا أفراد قليلون من الأمريكيين ، ولكننا كلنا تقريبا نستطيع أن نتعلم إدراك قدر الموسيقى بطريقة عقلية جادة . ولا يستطيع إلا قلة من الأفراد أن يقرأوا الإغريقية القديمة أو ايطالية القرون الوسطى ، ولكننا جميعا نستطيع أن نتعلم عشق ترجمة جديدة لهوميروس أو دانتي . وبالمثل لا يستطيع إلا قلة من الأفراد أداء رياضيات فيزياء الجسيمات ، ولكننا جميعا نستطيع فهم القضايا الأساسية التى تكمن وراء

الأسئلة العميقة حول الطبيعة النهائية للأشياء ، بل ونستطيع حتى أن نتعلم
الفارق بين الكوارك الفائق وكوارك القمة^(٩) المكتشف حديثا .

ونحن لا نتبع ذلك التصنيف الزائف ، فنقصر المعرفة الوافية
بالموسيقى على العازفين المحترفين ؛ وإذن فلماذا نقصر فهم العلم على
أولئك الذين يعيشون في المعامل، ويديرون الأقراص المدرجة ، وينشرون
أوراق البحث العلمية ؟ التصنيفات هي مجرد نظريات للمعرفة ، وليست
أمورا موضوعية مثل خانات الأوراق في خزانة أو أرفف القبعات ، أو
البومات طوابع البريد ، حيث هناك مواضع تخصيص مسبق . عندما يوجد
تصنيف زائف مؤسس على نظرية معرفة كاذبة ، فإنه يمكن أن يؤدي بنا
إلى أسوأ ضلال . في ١٥٥٥ وضع جيلوم رونديليت تصنيفه الكلاسيكي
للأسماك ، وبدأ قائمة فئاته "بالأسماك المفطحة والمضغوطة" ، و " تلك التي
تأوى بين الصخور" ، و "الأسماك الصغيرة" ، و "أجناس السحالي" و
"الأسماك المستديرة تقريبا" ، وهو عندما فعل ذلك أعاق كثيرا أي تبصر
عميق في علم الأنساب كأساس حقيقي للترتيب التاريخي .

هناك ملايين من الأمريكيين الذين يحبون العلم وتعلموا الاحساس
بالمعرفة الحقيقية في طريقة تعبير مختارة . ولكننا لاتحترم هذه التعبيرات
بأن نصنفها داخل نطاق العلم ، وان كان من المؤكد أننا ينبغي أن نفعل ذلك،
والسبب هو أنها تحتوى على العناصر الرئيسية للمعرفة التفصيلية بالطبيعة
والتفكير الناقد ، وهي معرفة مبنية على المنطق والخبرة . ولننظر فحسب
أمر القائمة الصغيرة التالية التي تشمل كل الأعمار والطبقات وتتضمن جزءا
له قدره من السكان لدينا . لو كانت كل صنوف الناس الآتية في القائمة تفهم

^(٩) أنواع من جسيم الكوارك ، الجسيم الأساسى لمكونات نواة الذرة كالبروتون
والنيوترون. (المترجم)

أن أفرادها " يمارسون " العلم ، فإن الديمقراطية عندها ستتصافح هي والهيئة الأكاديمية ، وربما سنتعلم آنذاك كيف نحصد هذا الافتتان العميق المنتشر ليعمل في خدمة التعليم الأعم . (أود أن أشكر هنا فيليب موريسون أحد أكثر الحكماء بين العلماء والانسانيين ، لأنه بين لى هذه الحجة منذ أعوام كثيرة ، وبهذا وضع تفكيرى فى المسار الصحيح) .

١ - المعرفة الرفيعة بالإيكولوجيا^(١) فيما تحت سطح الماء بين المتحمسين لأسماك المناطق الحارة ، وهم عادة ذكور من الطبقات الكادحة وبالتالي فهم غالبا غير معروفين للمتقنين المحترفين الذين ينحون إلى الطلوع من طبقات اجتماعية أخرى .

٢ - خبرة الأعمال البستانية لدى ملايين الأعضاء فى الآلاف من نوادى الحدائق ، التى يحتلها عادة النساء الأكبر سنا من الطبقة المتوسطة .

٣ - أفراد الطبقة العليا هواة صيد الطيور ، ورحلات صيد السفارى، والسياحة البيئية .

٤ - المعرفة الوثيقة بالتاريخ الطبيعى المحلى فيما بين ملايين القناصين وصائدى السمك .

٥ - تعلم التليسكوب فلشيا (والخبرة فى مجالات تمتد من صقل العدسات حتى البصريات النظرية) بين المتحمسين لذلك ، مع مآلديهم من نوادى ومجلات .

٦ - أوجه الحدس التكنولوجية لدى هواة ميكانيكا السيارات ، وبناء النماذج ، وملاحى عطلة نهاية الأسبوع .

(١) الإيكولوجيا علم دراسة العلاقة بين الكائنات الحية وبيئتها . (المترجم)

٧ - بل وما يوجد من معرفة احصائية بين المهرة من لاعبي البوكر ومتتبعي سباق الخيل.

(ويبدو أن المخ البشرى له بنية سيئة بوجه خاص فيما يختص بالاستدلال بشأن الاحتمالات ، ولا توجد عقبة أكبر من ذلك إزاء التفكير العلمى الحقيقى . إلا أن الكثيرين من الأمريكيين قد تعلموا أن يفهموا الاحتمالات من خلال ما يوجد من تحد نهائى فى فكرة جيهم)

٨ - ما يوجد فى المثل الحاسم المفضل لدى ، حيث يكتسب الأطفال الأمريكيون خبرتهم بالدينامصور بأن يتعلموها بكل الحب - وليس بأن يعرفوها لاغير . كم أود لو استطعت أن أقدر كم القوة العقلية الموجودة لدى أطفال أمريكا الذين بلغوا الخامسة من عمرهم والتي يدل عليها كل هجائهم الصحيح لأسماء الدينامصورات الشنيعة فى تعقدها. سوف نتمكن آنذاك من أن نحرك الجبال حقا.

سنجد أن الاعتقادات الشائعة فيها من التخلف ما يثير السخرية . نحن نعتقد أن من المتأصل فى العلم أن يكون صعبا ومروعا وملغزا ، وأن المدرسين لا يستطيعون شق الطريق للمعرفة اللازمة ، إلا بالتهديد والموعظة، حتى يدخلونها فى ذهن أفراد قلة صغيرة تنعم بنزعة ما طبيعية فطرية . لا . إن معظمنا يولدون وهم يحبون العلم (فالعلم على أى حال ليس إلا طريقة لتعلم الحقائق ومبادئ العالم الطبيعى المحيط بنا ، فكيف يمكن لأى فرد أن يعجز عن أن يستثيره موضوع حميم كهذا ؟) . إذا كان علينا أن نخر هاوين فى جانب من الطريق ، وأن نقاد بحماقة للقول بأننا نكره أو نخاف موضوع العلم ، فإنه ينبغى قبلها أن يُهزم هذا الحب بداخلنا حتى "يخرج" منا بعيدا. يظل العلم يشتعل ساطعا طول حياة الملايين الذين يبقون من هواته بالمعنى الحرفى الثمين للكلمة ("أولئك الذين يحبون") والذين

يتابعون "الهوايات" فى المجالات العلمية التى نرفض بزيف أن نضعها ضمن
البوصلة التصنيفية لفروع المعرفة .

هكذا نجد فى النهاية أن مهمة التربية والإنقاذ تقع على كاهل أولئك
الذين يمثلون ما أسميته كثيرا بأنها أنبل كلمة فى لغتنا ، كلمة المدرس .
(يأتى "الأب" فى قائمتى فى المكان الثانى بعد "المدرس" ؛ ويأتى المدرسون
أولا لأن الوالدين بعد اتخاذ قرار معين ، لا يكون لهم خيار.) مازالت هناك
الرغبة العارمة (والتخطيط) التى تقف صامدة ضد موت الضياع فى افئتان
الطفولة . لنكن مثل المعلم الأول للأدب الانجليزى، كاتب أوكسينفورد فى
"حكايات كانتربرى" لتشوسر - الرجل الذى فتح معا خواتيم عقله وقلبه ، من
أجل "أن يتعلم فى ابتهاج ويدرس فى ابتهاج" .

الجامعة كشريك فى تحول تعليم العلم

ايلنورا هاركومب
ونيل لين

أسعدنا أن ننضم إلى هذا العدد الكبير من الزملاء والمعجبين فى تكريم د.ليون ليدرمان بمناسبة عيد ميلاده الثمانين . وبالنسبة لآى فرد فإن الإسهام فى تقدم العلم من خلال أبحاث تشق للعلم مساره لهو إنجاز فيه ما يكفى ، أما فى حالة ليون ، فإنه بعدها حول انتباهه - أو حول طاقته المبدعة وقدراته الهائلة على الإقناع - إلى محاولة الارتقاء بتعليم العلم والرياضة فى هذا البلد. وقد أصبح له فى هذا تأثير هائل، بداه بجهوده لربط التعليم فى مرحلة (الحضانة - الصف الثانى عشر) بأبحاث معمل معجل فيرمى القومى، المعمل المرموق فى عالم فيزياء الطاقة العالية . تفهم ليون ليدرمان دائما أن الصغار لديهم فضول للطبيعة ، وأنهم يتعلمون أفضل التعليم بإلقاء الأسئلة ، طالما أن هناك من يشجعهم ويساعدهم على إيجاد الإجابات .

أصدرت "اللجنة القومية لتدريس العلم والرياضيات فى القرن الحادى والعشرين" برئاسة السيناتور السابق جون جلين ، تقريراً فى سبتمبر ٢٠٠٠ عنوانه "قبل أن يتأخر الأمر بأكثر مما ينبغى" (وزارة التعليم بالولايات المتحدة ٢٠٠٠) ، وكان على التقرير أن يورد ما يلى حول الموقف فى الأمة :

فى فجر هذا القرن وهذه الألفية الجديدين ... لا يقتصر الأمر على أن رفاه أمتنا وشعبنا فى المستقبل سيعتمد على حسن تعليمنا لأطفالنا بوجه عام ، وإنما سيعتمد أيضا بوجه خاص على حسن تعليمنا لهم فى الرياضيات والعلم ... ويتضح كل

الوضوح مما لدينا من قبل من براهين متاحة أننا لا نؤدى
هذه المهمة كما ينبغي ... فأطفالنا (نحن) يتخلفون وراء ؛
إتهم ببساطة ليسوا "متعلمين على المستوى العالمى" عندما
يتعلق الأمر بالرياضيات والعلم .

نال لين شرف العمل فى "لجنة جلين" وأذهله الحجم الهائل للتحدى الذى
نواجهه كأمة وكمجتمع من العلماء والرياضيين والمهندسين والمهنيين الفنيين
الآخرين ، ممن يشغلهم الأمر ، ولكنهم مازالوا إلى حد كبير غير مشاركين
فيه .

تفهم ليدرمان هذا التحدى جيدا وكان أن فعل شيئا بشأنه . ولسنا كلنا
ممن يمكنهم تكوين مراكز تعليمية وأكاديميات مثلما فعل هو ، وإن كان
يمكننا أن نوفر من القيادة والحساسية والتوجيه مايلزم لدعم مدرسينا . سوف
يعتمد الارتقاء بتدريس العلم فى الولايات المتحدة اعتمادا كبيرا على القيادات
التي يولدها مجتمعنا العلمى بأكمله فى الجامعات ، والمعامل الحكومية ،
والصناعة . وتقع على عاتقنا مسئولية إعداد المدرسين الذين يستطيعون رعاية
الفضول ، والارشاد إلى تشكيل إطار الأسئلة ، والتوجيه إلى الدرب المؤدى
للاكتشاف والأسئلة ، عندما يستكشف طلبتنا العالم من خلال البحث
والتجريب، كما يدعو ليدرمان .

نموذج

صادق ليدرمان مؤخرا على أهمية كتاب "تدريس العلم / تعلم العلم"
(هاركومب ٢٠٠١) الذى ألفته ايلنورا هاركومب ، وهو مرجع للعلماء
الآخرين الذين يلتمسون الآراء عن ديناميات حجرات الدراسة وعن
التبصرات فى ثقافات المدرسين. يتكون الكتاب من وصف لعشرة أعوام من
التحديات والنجاحات لدى مدرسى العلم فى هوستون فى "مشروع المعمل

النموذجى للعلم " الذى تأسس حتى يحدث تحسينا دراميا فى تعليم العلم فى مدارس هوستون الحضرية ويقوده مركز رايى الجامعى للتعليم ، وهو مركز يعمل بمشاركة مع منطقة هوستون المدرسية المستقلة . ونحن نلفت نظر القارئ لهذا البرنامج ، ليس فحسب لأنه مثل للمشاركة فى فلسفة التعليم التى يروج لها ليدرمان ، وإنما لأن هذا البرنامج قد أنجز أيضا سجلا مذهلا فى استمرار استبقاء المدرسين .

سنجد أن ما يزيد عن ٩٥ فى المائة من المدرسين الذين تعرضوا لتأثير المعمل النموذجى للعلم خلال الأحد عشر عاما الماضية قد ظلوا باقين فى التعليم حتى الموت أو التقاعد! ولو حدث أن استمر بقاء المزيد من المدرسين بمعدلات كهذه ، لما واجهت الأمة نقصا خطيرا هكذا فى مدرسى العلم . ولعل السبب الرئيسى لهذه الأرقام المثيرة هو ما حدث من تغير فى فلسفة ووجهة نظر المدرسين الذين أمضوا وقتا فى هذا البرنامج . وهالك ما كان على أحد المدرسين أن يقوله :

قبل حضور البرنامج ، حاولت أن أتعلم السبل لأن أكون مدرسا فعالا للعلم ، ولكنى لم انجح فى ذلك . وكلما أكملت سنة دراسية ، لم أكن أحس بأنى قد أحدثت فى حياة طلبتى فارقا مهما . ظل طلبتى يمتدحوننى دائما كمدرس عظيم ، ولكنى لم أكن أحس بذلك . أحيانا كنت أجد انى أعلمهم بالطريقة التى تعلمت بها ، بأن ألجا مثلا إلى المحاضرات والدراسة النظرية من الكتب . أما هذا البرنامج فقد أتاح لى أن أزدهر . أحسست بأنى قد انتعشت . هكذا وجدت ما يشجعنى ويجبرنى على الخروج من مكنى المريح . وما إن تعلمت طريقة التدريس المبنى على البحث ، حتى أصابنى الحماس . وأصبحت بمرور السنة أكثر وأكثر ثقة

فى تدريسى ، وأنا أأحدث أمام أفراد بالغين، مبدعا ما هو
أصيل من بحث/منهج ، ومن كتابة . (سى. ج.)

الزمن ، والعلم ، وبؤرة التركيز على الطالب

مشروع المعمل النموذجى للعلم طريقة تناول تجمع الجوانب المختلفة
من تعليم العلم التى تبين أنها مهمة - وجود الزمن الكافى للمدرسين للتأمل
والتنامى ، وإثراء المحتوى العلمى من خلال البحث والتفاعل مع العلماء ،
وجود فرصة للتطبيق المباشر للتبصرات على فصل من الطلبة مع متابعة
فعالية طرائق التدريس فى أن تؤدى للفهم العميق عند الطلبة . وينبنى
التصميم ويتركز على برنامج إقامة سنوية للمدرس بعيدا عن العمل الروتينى.
يتحرر كل سنة ثمانية مدرسين بالإعدادية من واجباتهم العادية فى الفصول
الدراسية ليلتحقوا بالمعمل النموذجى للعلم الذى ينفذ عملياته فى مدرسة
إعدادية حضرية فى وسط هوستون . ويوضح الجدول (١) قائمة عمل نمطية
لأسبوعين . يحدث فى كل يوم دراسى أن يقوم كل مدرس مقيم بالتدريس
لفصل من أربعة وعشرين طالب بالمدرسة الإعدادية مع مدرس بالفريق،
وذلك لمدة تسعين دقيقة ، ويستخدم بقية اليوم فى عمل تحليل واستخلاص
معلومات بشأن الفصل ويخطط للفصل التالى بالتفصيل مستخدما مراجع
متعددة . ويحضر المدرسون المقيمون فى أيام متتالية فصول جامعة راييس
الخاصة التى تُعطى فى الموقع بالمدرسة الإعدادية . يتعلم المدرسون المفاهيم
العلمية بالطريقة التى يُشجعون على التدريس بها ، أى عن طريق البحث .
وبالإضافة ، فإنهم يكتسبون توسعات مهنية من خلال زيارات تُجرى لمعامل
الابحاث . ومن خلال رحلات ميدانية ، ومحاضرات خاصة ، ومؤتمرات ،
وملاحظة غيرهم من المدرسين . وهكذا يشكل المدرسون الثمانية شبكة
مهنية قوية داعمة وهم يتشابكون معا فيدمجون كل معلوماتهم الجديدة
وخبراتهم القديمة ليشكلوا بيئة تعليمية فعالة للشباب الحضرى . يوفر المعمل
النموذجى للمدرسين مكانا آمنا لتجربة الأفكار الجديدة ، والمشاركة مع

نظرائهم ، وتطبيق التكنولوجيا كأداة فى التدريس ، وممارسة القيادة بأداء عروض فى ورش مهنية . تعود بؤرة التركيز دائما إلى دعم فهم الطالب للمفاهيم العلمية بدلا من حفظ الكلمات عن ظهر قلب .

فى نهاية سنة الإقامة ، يُطلب من المدرسين العودة إلى مدارسهم الأصلية لمدة سنة واحدة على الأقل . وهم يعودون إلى المعمل النموذجى فى اجتماعات شهرية تطوعية وليعرضوا ورش العمل . يزور أعضاء هيئة المعمل النموذجى فصول المدرسين المقيمين السابقين ويواصلون تشجيعهم على التقدم فى جهود الأكاديمية وتنمية قيادتهم . تساعد شبكة النظراء على التخفيف من الاحساس بالعزلة .

النتائج : أداء الطلبة

لم يقتصر برنامج المعمل النموذجى على أن يسبب تحولا فى وجهات نظر المدرسين ، ولكنه أدى أيضا إلى التأثير فى الطلبة فى فصولهم الرئيسية . أول كل شئ ، أصبح الطلبة أكثر مشاركة فى تعلمهم . وبالنسبة لفعالية التدريس بالبحث الذى اتخذه معظم مدرسى المعمل النموذجى فإنه لم يتم قياسها جيدا باختبارات قياسية . ومع ذلك ، فعندما أجريت مقارنة بين الطلبة الذين تعلموا على يد خريجى المعمل النموذجى والطلبة الذين تعلموا على يد مجموعة حاكمة من المدرسين فى المدارس نفسها ، فى مواقف قبل وبعد الاختبار ، وجد أن هناك تقدم أكبر بما له معنى احصائيا (P أقل من ٠,٠١) يظهر عند طلبة مدرسى المعمل النموذجى . وهذا التحسن بدرجات أكبر حدث فى اختبار معدل المحتوى العلمى حسب "التقييم القومى للتقدم التعليمى" وحدث أيضا فى الجزء الرياضى من اختبار "تقييم تكساس للمهارات الأكاديمية (تقييم تكساس هذا لا يُجرى سنويا) .

جدول (١) قائمة نشاطات نطى لتعليمية مدرسين مقيمين فى الفصل النموذجى للعلم
الأسبوع الأول

الجمعة	الخميس	الأربعاء	الثلاثاء	الاثنين	
المدرسان ٢ ، ١ يترسان لفصل من الطلبة .	فصل بدا جورجيا للمدرسين	المدرسان ٢ ، ١ يترسان لفصل من الطلبة .	فصل عن مغوى العلم يصلى للمدرسين	المدرسان ٢ ، ١ يترسان لفصل من الطلبة .	صباحاً
المدرسان ٤ ، ٣ يترسان لفصل من الطلبة .		المدرسان ٤ ، ٣ يترسان لفصل من الطلبة .		المدرسان ٤ ، ٣ يترسان لفصل من الطلبة .	
المدرسان ٦ ، ٥ يترسان لفصل من الطلبة	عالم زائر يبحث لبحاثا	المدرسان ٦ ، ٥ يترسان لفصل من الطلبة	المدرسون لا يهون ويحللون مدرسا خبيرا فى منطقة هوستون المدرسية المستقلة	المدرسان ٦ ، ٥ يترسان لفصل من الطلبة	بعد الظهر
المدرسان ٨ ، ٧ يترسان لفصل من الطلبة.		المدرسان ٨ ، ٧ يترسان لفصل من الطلبة.		المدرسان ٨ ، ٧ يترسان لفصل من الطلبة .	

الأسبوع الثانى

الجمعة	الخميس	الأربعاء	الثلاثاء	الاثنين	
يحضر المدرسون كثيرها فى البرامج القومية SEPUP ، Fast Plants; FOSS. WET.	المدرسان ٢ ، ١ يترسان لفصل من الطلبة .	فصل بدا جورجيا للمدرسين .	المدرسان ٢ ، ١ يترسان لفصل من الطلبة . المدرسان ٤ ، ٣ يترسان لفصل من الطلبة .	فصل عن مغوى العلم يصلى للمدرسين	صباحاً
لو يقومون برحلة ميدانية ، أو يمرضون ورشة عمل لو يذهبون إلى مؤتمر .	المدرسان ٦ ، ٥ يترسان لفصل من الطلبة	فصل تكلولوجيا أو تفاعل مع المدرسة الأسلمية للمدرس .	المدرسان ٦ ، ٥ يترسان لفصل من الطلبة	مقابلة طالب كعالة دراسة ، أو لفصل للكتابه	بعد الظهر
	المدرسان ٨ ، ٧ يترسان لفصل من الطلبة .		المدرسان ٨ ، ٧ يترسان لفصل من الطلبة .		

النتائج : استبقاء المدرسين

ربما يكون الاستبقاء أفضل مؤشر رقمي على فعالية البرنامج حيث يعكس عودة التفاني للمدرسين . ونجد كما ذكرنا من قبل ، أنه من بين اثنين وثمانين مدرسا كانوا في برنامج الإقامة عبر الأحد عشر عاما الماضية ، بقي ٩٥ في المائة منهم يعملون بالتعليم . وهذا استبقاء ملحوظ في منطقة مدرسية لديها نسبة الاستقلاب الحضرية النمطية التي تقرب من سُبُع المدرسين في كل سنة . بقي مدرسو المعمل النموذجي ملتزمون بالنسبة للأطفال الحضريين ، بحيث بقي ٧٤ في المائة منهم في منطقة هوستون المدرسية المستقلة . أما من غادروا تلك المنطقة فقد كانوا عادة يعملون تبعا لما هو قرين لها في أوضاع حضرية أخرى ، ولم ينتقل إلى مدارس الضواحي إلا نسبة ٩ في المائة . وبالإضافة ، فإن مدرسي المعمل النموذجي ظلوا عموما يعملون بالتدريس ، حيث واصل ٧٤ في المائة من العدد الأصلي العمل في الفصول المدرسية ولم ينتقل إلى العمل الإداري إلا ١٧٪ فقط . وخلق المدرسون فرص قيادة خاصة بهم بالعمل كراعين لمدرسين آخرين ؛ وعن طريق المساعدة في تطوير المنهج الدراسي ؛ والعمل القيادي في منظمات مهنية ، ومن خلال تقديم عروض لجمهور مستمعين محلي ، أو في الولاية ، أو على نطاق قومي أو دولي.

المعمل النموذجي للعلم

أحد أحجار الزاوية في مشروع المعمل النموذجي للعلم هو توفير فرص تعلم العلم للمدرسين حيث يمكنهم الكفاح مع الطبيعة والأفكار ، بمثل ما يفعله العلماء تماما ، وأن يخبروا النشوة التي يثيرها الاكتشاف وتوليد التبصرات في المفاهيم العلمية. فيمارسون آهة انشراح الصدر بالاتجاز الذي يتأتى بالتعلم الحقيقي ، وينمون حماسا متجددا (أو جديدا) بالنسبة للبحث ، بحيث يمكن أن يدعمهم ذلك دعما جيدا في المستقبل . عندما يصبح

المدرسون مشاركون بتعلمهم هم أنفسهم تعلموا نشيطا ، فإنهم عادة يصبحون متلهفين على أن يشركوا طلبتهم فى انفعالهم ، ويؤدى هذا إلى حدوث تحول فى طريقة تدريسهم . ولنستمع لهذه المدرسة فى المعمل النموذجى وهى تقول:

صنع البرنامج لى النموذج لفكرة أن إخبار أحدهم بشئ ما هى أقل الطرق فعالية لإحداث تغيير . كان على أن أكتشف لنفسى التغيرات اللازمة لأن تُصنع فى طريقة تدريسى وذلك حتى يكون لدى الحافز والدافع لاعادة بنائها .

وجدت أن ما اكتشفته عن التدريس الفعال لهو أمر بسيط؛ وهو يتركز فى تعريفى للفهم . كان تعريفى الأول له متعلقا باستدعاء المعلومات المعروضة كتابة وشفويا ، ولكن هذا قد تغير. وما أشعر به الآن هو أن التعلم يشمل تفهم أحد المفاهيم جيدا بالقدر الكافى للتمكن من البرهنة على هذه المعرفة ، وشرحها وتطبيقها . وهو يعنى بالنسبة للمدرس تفهم الطريقة التى يمكن للتعلم بها أن يدمج فى ذاته هذه المفاهيم ويشكلها . كانت هذه المعرفة هى الحافز لتغيير الطريقة التى أدرس بها . شجعنى الموجه على أن أخاطر وأنمو . وها أنا دارسة ومدرسة بدأت فحسب فى التغير . (ن. ج)

النقطتان الرئيسيتان فى هذه الشهادة هى (١) الإخبار بشئ ما هو أقل الطرق فعالية فى التدريس و(٢) التعلم يشمل تفهم أحد المفاهيم جيدا بما يكفى لاستخدامه . وهكذا نجد أن ن.ج. مدرسة على درجة بالغة من حسن الإدراك وتعتنى بحماس بأمر طلبتها . عادت ن.ج. إلى فصلها الدراسى بعد خبرة المعمل النموذجى وأصبحت ذات فعالية بالغة مع طلبتها حتى أن

مدرستها كلها أخذت تتبع مثالها بل وأعدت المدرسة تنظيم ميزانيتها وجداول عملها بحيث تستطيع ن.ج. مساعدة نظرائها فى فصولهم .

يتوازن جانب المحتوى العلمى فى مشروع المعمل النموذجى مع جانب التركيز على طريقة تعلم الصغار . ويوجد الآن كم كبير من الأدبيات عن التعليم بالبحث ، والبنائية ، والتدريس للفهم (كوهين وماك لاولين وتالبرت ١٩٩٣ ؛ ماير ١٩٩٥ ؛ المجلس القومى للبحوث ١٩٩٦ ؛ واطسون وكونيسيك ١٩٩٠ ؛ ويسك ١٩٩٧). وهناك سلسلة من شرائط الفيديو تدعى "الكون الخاص" ^(١) لها فعل قوى بالذات فى البرهنة على وجود واستمرار بقاء مفاهيم ساذجة لدى الطلبة . إلا أن القراءة ، أو السمع ، أو حتى رؤية تعديلات فى التدريس تخلف المرء فحسب وهو أبعد من أن يتمكن من تنفيذ هذه الطرائق للتناول فى حجرة الدراسة . فإصلاح سلوك المرء يكون احتمال حدوثه أقل حتى من احتمال تعلمه للمفاهيم العلمية عندما يقتصر ما نفعله على أن نخبره بالأمر لاغير . فالمدرسون يحتاجون لأن تتاح لهم فرصة ممارسة مناهج جديدة للتدريس وان يقنعوا أنفسهم أن طرائق تناولهم الجديدة هى حقا أكثر فعالية مع الطلبة ، وذلك حتى يكونوا راغبين فى نبذ طرائقهم الروتينية التى ظلت راسخة طويلا.

أكثر ملمحين متفردين فى مشروع المعمل النموذجى للعلم هما تكوين بيئة آمنة لممارسة طرائق تناول جديدة للتدريس مع مواصلة تفحص فاعليتها ومنح الزمن الكافى للتحليل والتأمل . يكاد المدرسون ألا يجدوا أبدا الوقت للتفكير بهدوء ، أو الوقت للتعلم بعمق ، أو الوقت لإثارة الفضول ، أو الوقت اللازم للتكامل . وإذا كان لنا فى مجتمع كوكبنا الذى يتغير سريعا ، أن نتوقع لمدرسينا أن يحفزوا الطلبة لأن يصبحوا ممن يتعلمون طول حياتهم ، فإنه يلزم علينا إذن أن نوفر للمدرسين الفرصة لأن يغذوا حياتهم العقلية هم أنفسهم . يحتاج المدرسون وقتا كافيا للتفكير بهدوء . وهم يحتاجون أيضا

لتشجيعهم على أن يكونوا مبدعين ، وأن يطبقوا الأفكار ، وأن يبتكروا
طرائق تناول جديدة . وقد حدد أحد مدرسي العمل النموذجي هذا الأمر
تحديدا واضحا إذ كتب بشأن أهمية وجود وقت للتأمل فقال:

أنت السنة التي أمضيتها كمقيم في المعمل النموذجي
للعلم في رايس إلى أن أجبرتني على أن ألقى نظرة ناقدة على
الطريقة التي أدرّس بها ، والأهم من ذلك أن أحدد ما إذا كانت
دروسي فعالة في تحسين فهم الطلبة . أعطتني هذه السنة
الفرصة لتفحص معتقداتي عن أسلوب التدريس ، وأن أقارن
طرائق تناول المختلفة لعرض المفاهيم على الطلبة ، وأن
أسجل كلا من أوجه نجاحي وأوجه فشلي في حجرة الفصل
الدراسي . وأجبرني تحرير ليوميّاتي على أن أكون أمينا مع
نفسي وأن أتساءل عن مدى مصداقية ما أفعله في حجرة
الدراسة .

وإنّ لوائح من أني لم أحس بعد بالتأثير الكامل لهذه
السنة . وسيكون كل عام أدرّس فيه بعد ذلك محاولة لتكوين
جو تعلم مثالي باستخدام الطرائق والأفكار التي استكشفناها في
المعمل النموذجي . لقد استثناني هذا حقا وإنّ لوائح من أن
طلبتني أيضا سوف يستثارون . (ن.ك.)

يبدو هذا الحماس للتدريس الفعال في تناقض قوي مع ما كان يحس
به هذا المدرس القديم الذي أمضى واحدا وعشرين عاما في التدريس قبل
دخوله برنامجنا، فكان يحس عندها بموقف من استنفاد شعله حماسه للعمل
والإستعداد لاعتزاله . دعنا نلاحظ كيف أن ما يقوله فيه ترديد لاعتقاد ن.ج.
بأن التبصرات التي تُكتسب في المعمل النموذجي هي مجرد بداية لرحلة
جديدة مفعمة بالتحدى تتطلب التعلم المتواصل وإنشاء الابتكارات في

التدريس. وهذا الإيمان بمستقبل متنامي هو أحد الأسس لإعادة روح التفاني في التدريس التي نجدها في المساهمين في المعمل النموذجي والتي تؤدي إلى هذا المعدل المذهل من الاستبقاء .

نجح تدخل المعمل النموذجي مع قدامى المدرسين ، كما يتبين من الاستشهادات السابقة . كما أنه أثر أيضا في المدرسين الشبان مثلما تذكر إحداهن:

جعلني عملي كمدرسة مقيمة أدرك أن التدريس ليس مجرد اتخاذ مهنة ، ولكنه أيضا احتراف. تغير ما كنت أعتقده عن التدريس . وبعد أن كنت أعتقد ذات مرة أن التدريس عمل عادي فيه أجازة صيفية لشهرين مدفوعى الأجر ، أصبحت أعتقد الآن أن التدريس هو المهنة التأسيسية (لكل) المهن . فالمدرسون ينمّون المعرفة عند الممرضات ، والأطباء، والشرطة ، والمدرّبين ، ومديرى المنازل ، والمحامين، الخ. (أ. و.)

كانت الأهداف الرئيسية لهذه المدرسة الذكية للصف الثالث تتجه بعيدا عن التعليم . وقد دخلت أساسا المعمل النموذجي بناء على الحاج ناظرها ، ولكنها تنامي لديها تدريجيا التزامها الخاص بالشخصى بالمهنة .

دور الجامعة

للعلماء والعاملين بإدارة الجامعات دور قيادى خطير فى تأسيس برامج لها تأثيرها فى مدرسى العلم . وقد نشأ فى رايى مفهوم المعمل النموذجي مرتبطا بالرؤيا التي عبر عنها رئيسه السابق جورج روب والتي ترى أن الجامعة يجب أن تمتد بنفسها " وراء أسوار" الحرم الجامعى بأن تسهم فى المجتمع الأكبر فى هوستون ، خاصة فى مجال تعليم العلم . وقد

ظل إسهام راييس قويا حتى الآن . ووجود دعم على مستوى القمة من المؤسسة يستطيع أن يخلق التوقع بأن تدخل الكليات فى التعليم العام بمرحلة (الحضانة - للصف ١٢) سيحظى بأن يكون موضع نظرة تحييد له ، وهذا فى مفارقة شديدة مع المدرك الشائع بأن تفاعل الكليات مع المدارس المحلية فيه تشبث للانتباه يمكن أن يحدث معه منافسة خطيرة لإنتاجية المرء فى الأبحاث .

وصل دعم إدارة راييس إلى أن يتجاوز إقامة ما يرمى من مؤسسات جديدة . فقد تضمن أيضا المشاركة الشخصية فى التماس وسائل تمويل المشروعات التعليمية . وقامت القيادة فى القمة بدور الحافز الذى يشكل الظروف التى يستطيع فيها الأفراد المنشغلين بالتعليم العام سواء من الجامعة أو المجتمع أو المدارس أن ينضموا معا لمناقشة القضايا ، وإجراء عصف ذهنى للتوصل للحلول ، وطرح طرائق تناول متبكرة .

نحن لا نستطيع بعد تحمل الادعاء باننا بمجرد ان نقدم للمدرسين مقررات إضافية عن العلم فى الجامعة سوف نتمكن من استثارة عقول الصغار . وقد نال بعض المدرسين إعدادا علميا واسع المدى إلا أنهم أخذوا مع ذلك يسجلون مشاعر عاطفية مثلما سجلته هذه المدرسة :

قبل أن أدخل البرنامج كان لدى خبرة فى أبحاث الكيمياء الحيوية والوراثيات، ومعالجة بيانات الفيزياء الأرضية ، ودرجة ما جستير فى التعليم ، ولكن هذه الخلفية لم تُترجم إلى تدريس فعال . درّست بالطريقة التى تعلمت بها وعملت وفق نظام تعليمى تقليدى يركز على منهج دراسى بالغ التحدد . ومع أنى لم أشعر بأنى عندما أعلم طلبتى أحدث فارقا مهما ، إلا أنى أيضا كان ينقصنى النموذج أو السبب القوى الذى يجعلنى أغير فلسفتى واستراتيجياتى . (ن. ج)

وقولها أنها "درست بالطريقة التي تعلمت بها" قد يكون فيه ما يعلمنا أكثر تعليم. إننا نشكل في كليات الجامعة بيئة تعلم العلم للمدرسين المتوقعين لمرحلة (الحضانة - الصف ١٢) الذين سوف يستخدمون نموذجنا عندما يقودون الفصول الدراسية الخاصة بهم . ولو أننا اعطينا أساسا محاضرات تقليدية وركزنا مقرراتنا على مجموعة من المفاهيم الراسخة وعلى خلاصة وافية مؤسسة على الحقائق ، حتى يُحفظ هذا كله عن ظهر قلب ، لو فعلنا ذلك كيف يمكن لنا إذن أن نتوقع أن يشعل المدرسون شرارة الفضول والتساؤل عند صغار الطلبة ؟ بل وأكثر خطورة من ذلك هو ما إذا كان المدرسون سيتركون الجامعة وهم يمتلكون أى خبرة فى إدراك معنى للمعلومات ، وتركيب المفاهيم فى تفسير ما ، أو تجميع المعلومات معا فى تفهم شخصى لها - أى الخبرة بكل عناصر البحث العلمى - فيكونون بالتالى قادرين على إرشاد الطلبة لنفس المهارات العقلية. تبين ليليان ماك ديرموت بوضوح ما يوجد من تناقض بين الفيزياء النظرية التى تدرس فى الكلية والتطبيق الملموس لمفاهيم الفيزياء التى يحتاج طلبة المدارس الثانوية إلى فهمه (ماك ديرموت ١٩٩٦)^(٢) . إننا نطلب من المدرسين أداء تغيير للمعتقدات قد يجد الكثيرون منا أنه أمر صعب حتى مع فهمنا الأعمق لهذه المفاهيم . فنحن نتوقع من المدرسين أن يدرّسوا بأسلوب فيه مشاركة أكثر، وأن يتضمن ذلك تكامل الأفكار ، وتحويل النظرية إلى تطبيقات ملموسة ، بالإضافة أيضا إلى ما هو ضرورى من الاحتياجات المدرسية العديدة الأخرى. وتسال إليانور داكويرث بجامعة هارفارد ، " هل يمكن لنا أن نتوقع من مدرسينا أن يدرّسوا بطريقة لم يتعلموا بها قط ؟" (داكويرث ١٩٨٧) . ينحو المدرسون إلى تدريس العلم بالطريقة التى يرونها كنموذج لهم فى فصول دراسية عديدة بدلا من الطريقة التى يرونها فى فصل دراسى واحد عن مناهج العلم وهم فى وزارة التعليم.

المستقبل

نحن نؤمن بأنه لو ضُبط اتجاه المزيد من البرامج الجامعية نحو الحاجات الحقيقية للمدرسين ، لما واجهت الأمة أزمة فى تعليم العلم والرياضة . برهن المدرسون على أنهم يرغبون ، بل وفى الحقيقة يتلهفون على القيام بأى مما هو ضرورى حتى يصبحوا بأفضل حال ممكن . على أنه كثيرا جدا ما يحدث أنهم يغادرون الجامعة وهم تتقصهم المعرفة والأدوات اللازمة لهم . وإذا أخذت الجامعات تدرك على نحو أفضل التحديات التى يواجهها المدرسون ، فربما يؤدي ذلك إلى أن يتخرج المدرسون وهم أفضل إعدادا لتدريس العلم بحماس وفعالية .

سيطلب هذا المشروع الجهود المشتركة للجامعة ، والإداريين ، والعلماء ، ورجال التعليم ، وقواد المجتمع ، وهيئة العاملين بالمنطقة المدرسية ، وذلك مع قوة الدفع الأولى التى توفرها قيادة الجامعات والعلماء فى كليتهم . هذا أمر يستحق أن نبذل فيه جهدنا . والأطفال الذين يوجدون الآن فى مدارسنا سيكونون الطلبة والخريجين فى جامعاتنا فى المستقبل القريب جدا . على أن الأهم من ذلك ، أن هؤلاء الأطفال هم مستقبل أمتنا. (٣)

الهوامش

(١) أذاع "مشروع الجامعة الخاصة" سلسلة من تسع مؤتمرات عن بعد ابتداء من ١٣ أكتوبر ، ١٩٩٤ حتى ١٥ ديسمبر ، ١٩٩٤ عن طريق مركز هارفارد - سميثسونيان للفيزياء الفلكية ، ٦٠ شارع جاردن ، كمبردج ، ماساتشوستس ٠٢١٣٨ ؛ مجموعة وسائل الاعلام العلمية بقسم تعليم العلم. وهذه السلسلة متاحة الآن بصيغ أخرى من "دار أنينبرج/ CPB مجموعة الرضيات والعلم"

(٢) ل. سى . ماك ديرموت ، "أبحاث تعليم الفيزياء : مفتاح تعليم الطلبة " ،
محاضرة جائزة إيرستيد ، الجمعية الأمريكية لمدرسى الفيزياء (مؤتمر
الشتاء ، ٢٠٠١) .

(٣) يقدم المؤلفان شكرهما بامتنان للمدرسين المقيمين لسماحهم باستخدام
مقتطفات من محافظ أوراقهم .

المراجع :

Cohen, D. K., M. W. Mclaughlin, and J. E. Talbert, eds.
Teaching for Understanding: Challenges for Policy and
Practice. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1993.

Duckworth, E. "The Having of Wonderful Ideas" and Other
Essays on Teaching and Learning. New York: Teachers
College Press, 1987.

Harcombe, E. S. Science Teaching/Science Learning:
Constructivist Learning in Urban Classrooms. New York:
Teachers College Press, 2001.

McDermott, L. C. Physics by Inquiry New York: John Wiley &
Sons, Inc., 1996.

Meier, D. The Power of Their Ideas: Lessonss for America from
a Small School in Harlem. Boston: Beacon Press, 1995.

National Research Council. National Science Education
Standards. Washington, D.C.: National Academy Press,
1996.

U.S. Department of Education, The National Commission on
Mathematics and Science Teaching for the Twenty-first
Century. Before It's Too Late: A Report to the Nation.

Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 2000.

Watson, B., and R. Konicek. "Teaching for Conceptual Change: Confronting Children's Experience." *Phi Delta Kappan* 71 (1990) : 680-85.

Wiske, M. S., ed. *Teaching for Understanding: Linking Research with Practice*. San Francisco: Jossey - Bass Publishers, 1997.

المستحيل يتطلب زمنا أطول قليلا

دودلى هيرشباخ

كان لدى والدى مثل مفضل : " الأمر الصعب نفعله تَوَا ، أما المستحيل فيتطلب زمنا أطول قليلاً " . رَأَيْتُ لى العبارة الثانية كصبي ، وهذا فيما أفترض بسبب غرابة ما فيها من تضارب وجرسها البطولى . وأجد بعد مرور عقود من السنين أنها مازالت تروقتى على نحو أقوى . فقد تكرر المرة بعد الأخرى أن أرى مبتكرين جسورين مثابرين ينجزون أمورا رائعة كانت تُعد "مستحيلة" . وليون ليدرمان مبتكر غير هياب من هذا النوع ، سواء كعالم أو كرجل تعليم . إنه ليسعدنى بوجه خاص أن أعرب عن إجلالى له ولجهوده فى دعم تعليم العلم ، الأمر الذى واصل النضال فيه بحمية ملهمة ، وتفانى ، وسعادة .

تتناول هذه المقالة أساسا الملاحظات والمقترحات المتعلقة بتدريس العلم وتعلمه فى المدرسة الثانوية . وهى ملاحظات ومقترحات نبعت أساسا من الفرص التى أتاحت لى للحديث مع الكثيرين من الطلبة والمدرسين فى المعارض العلمية والبرامج الصيفية للمدارس الثانوية ، كما نبعت من خبرتى أثناء تدريس الكيمياء للطلبة الجدد فى جامعة هارفارد خلال السنوات العشرين الماضية . على أنى سأروى أولا قصة نصر تعليمى " مستحيل " . والى جانب ما فى هذه القصة من رسالة واضحة بشأن الاستراتيجية التعليمية، فإنها تنقل ضمنا جوانب أساسية فى المشروع العلمى بما فى ذلك

القيمة العملية للبحث الذى يدفعه الفضول ، وما يوجد من قرابة بين العلم والانسانيات باعتبارها فنون عقلية.^(*)

تجربة تعليمية رائعة

تشمل القصة ما يتعلق بالكسندر جراهام بل ، وهيلين كيلر ، ومدرسة كيلر آنى سوليفان (بروس ١٩٩٠ ؛ ماك كاي ١٩٩٧). سجل بل براءة اختراع التليفون فى ١٨٧٦ وهو فى التاسعة والعشرين من عمره ، وكرس من بعدها سنين كثيرة لمتابعة اختراعات أخرى . كان بل يرى أن عمل حياته كلها هو تعليم الصم . فقد أصيبت أمه وزوجته بالصمم ، كما كان أبوه وجده مدرسان للتخاطب وطريقة الإلقاء . هاجرت عائلة بل من اسكتلندا بعد أن مات كلا شقيقيه الأكبر منه بمرض السل ، واستقرت العائلة قرب تورنتو . أخذ بل فى ١٨٧١ يدرس للصم فى بوسطن وأسس هناك فى السنة التالية مدرسة خاصة به . وكان ما أدى إلى اختراعه للتليفون هو محاولته إنشاء جهاز يساعد طلبته الصم فى التمييز بين حرفى (P) و (b) . وكما يؤكد مؤرخو سيرته ، فقد اكتمل وجود كل التكنولوجيات اللازمة لإنتاج التليفون بحلول ١٨٧٢ ، وكان هناك العديد من الكهربائيين ذوى الخبرة يعملون فى محاولة إنشاء أجهزة من هذا النوع . وكان بل يحب أن يردد القول بأنه لو كان يفهم المزيد من الكهرباء والأقل من ميكانيكا الكلام البشرى لما وصل إلى تصور مبادئ التليفون .

أصيبت هيلين كيلر بالصمم والعمى بسبب مرض حل بها فى شهرها التاسع عشر ، وكانت فى السادسة من عمرها عندما حضرها والداها إلى بل ليسألاه رأيه عما إذا كان يمكن تعليمها . نظم بل الترتيبات لأن تصبح أن

(*) فنون عقلية liberal arts : يقصد بها الدراسات الموجهة لتنمية العقل لذاته وليست

دراسات مهنية وتقنية، مثال ذلك اللغات والفلسفة والتاريخ ... الخ .

سوليفان مدرسة لهيلين. كانت آنى فى العشرين من عمرها ، ومازالت تعاني من تأثيرات الرمد الحبيبي الذى أعماها مؤقتا لشهور معدودة ، (ثم جعلها دائمة العمى فى شيخوختها) . لم يكن لدى آنى خبرة بالتدريس ولا الكثير لتسترشد به فيما عدا حسن إدراكها وحساسيتها البالغة (لأش ١٩٩٧) . على أنه حدث بعد شهر واحد فقط من انضمامها لهيلين فى منزل والديها فى توسكومبيا بولاية ألاباما فى مارس ١٨٨٧ ، أن تأتت اللحظة الرائعة التى اكتشفت فيها هيلين أن هناك أسماء للأشياء ، وذلك عندما أمسكت آنى بيدها فى تيار من الماء . وفى خلال ثلاثة شهور كانت هيلين تكتب خطابات موجزة . وفى خلال ثلاث سنوات أصبحت تتحكم تحكما مذهلا فى اللغة الانجليزية التعبيرية .



هيلين كيلر وأنى سوليفان وجراهام بل ، يوليو ١٨٩٤ ، وكانت هيلين ولقتها فى الرابعة عشر من
عمرها ، وأنى فى الثامنة والعشرين ، وبل فى السابعة والأربعين ، هيلين تقرأ شفاهاً أنى بيدها
اليسرى ، بينما تستخدم يدها اليمنى فى التواصل مع بل .
الصورة من قسم المطبوعات والصور الفوتوغرافية بمكتبة الكونجرس ، مجموعة جلبت مسجرونتر
للصور الفوتوغرافية لعائلة ألكسندر جراهام بل . نسخة رقم LC.G9-1-137,816-AJ.

لقى هذا ، هو وما تلاه فى حياة هيلين ، الترحيب كمعجزة لا أقل .
على أن بل كان له وجهة نظر مختلفة . ظل بل يساعد ويدعم هيلين وأنى

بطرائق كثيرة ، خاصة في السنوات الأولى ، ثم واصل ذلك لعقود بعدها .
أهدت هيلين إليه أول كتاب عن سيرتها الذاتية . وكتبت أنى عن كيف أن
الحصول على نصاحه كان فيه "ميزة هائلة" ، وعن امتنانها "لطريقته اللبقة في
أن يجعل الناس يسعدون بأنفسهم" . أصر بل على أن سيطرة هيلين على
اللغة الانجليزية التعبيرية " ليست حالة من اكتساب شئ فوق الطبيعي
(وإنما) ... هي مسألة تعليم ، ... تجربة رائعة " أنجزتها أنى (بروس
١٩٩٠) . واستنتج أن المفتاح هو أن أنى " ظلت تتهجى باستمرار الانجليزية
التعبيرية الطبيعية في يدى هيلين دون أن تتوقف لتشرح ما هو غير مألوف
من الكلمات والتركيبات ، كما شجعت هيلين على قراءة الكتاب بعد الآخر
بطريقة برايل ... مع اعتمادها بطريقة مماثلة على أن يؤدي السياق إلى شرح
ما يجد من لغة " . وأكد بل على أن هذا يكافئ الطريقة التي يتعلم بها الطفل
الذي يسمع ويرى . ويؤكد توصيف أنى نفسها لطريقة تدريسها على أنها
كانت عن عمد " لاتشرح أبدا أى شئ ، إلا إذا ألقت هيلين أحد الأسئلة " .
وبالتالى ، فإن أنى ساعدت هيلين على أن تكتشف وتمارس بنشاط قدرتها
على إدراك السياق ومفاتيح الألغاز وأن تتعلم بنفسها .

العلم كوسيلة لفك شفرة لغة الطبيعة

أسلوب التدريس الصامت لآنى سوليفان يوجد متávلا في أبحاث
الجبهة الأمامية للعلم . فالطبيعة مدرس صامت ، يحدثنا بغزارة ، ولكن ذلك
بالسن أعجمية كثيرة . ولا تطرح الطبيعة أى تفسيرات ؛ فيعتمد الأمر علينا
في أن نسأل أسئلة لسبر الأعماق ولتوليد فهمنا الخاص بنا . ونحن نحاول في
أبحاث الجبهة الأمامية أن نكتشف أو نضيف إلى معرفتنا للمفردات والنحو
الموجودين في بعض حوار غريب . ونحن حسب مدى ما نتوصل له من
نجاح ، نكتسب القدرة على فك شفرة رسائل كثيرة تتركها لنا الطبيعة ، ويكون
ذلك في سعادة أو في خفر . ومهما كان ما قد نكرسه من الكثير من الجهد
البشرى والنقود لحل مشكلة عملية في العلم أو التكنولوجيا ، سيكون فشلنا
محتما إذا لم نستطيع قراءة الإجابات التي تود الطبيعة أن تعطيها لنا . وهذا
هو السبب في أن البحث الأساسى المدفوع بالفضول هو استثمار ضرورى
وعملى ، والسبب في أن أهم نتاج له هو الافكار والتهم (هيرشباخ ١٩٩٦) .

نُولد كلنا ونحن عريان وصم ، بالنسبة للكثير من لغة الطبيعة، ويتطلب الأمر المثابرة على التلمس والتخمين لتتعلم بعض شئ عنها . وأنا أحب أن أؤكد على ذلك فى دروسى . فأسأل عن عدد الطلبة الذين درسوا من قبل إحدى اللغات الأجنبية ، وأوصيهم بأن يتناولوا العلم بالطريقة نفسها فهو : "ما ان تجعله داخل أذنك حتى يصبح أسهل وأسهل ؛ وإلا فسيكون أصعب وأصعب ! " بينت الاحصاءات الفعلية عن الكتب المدرسية التى تمهد للعلم بالمدارس الثانوية أو الكلية ، أن عدد الكلمات الجديدة أو الكلمات العادية التى تستخدم بمعانى خاصة يفوق المفردات فى مقرر نمطى لدراسة لغة لسنة واحدة . وبالمثل ، فإن تنظيم المفاهيم المتشابكة الذى نلقاه فى مقرر علمى تكون له وظيفة تشبه كثيرا قواعد النحو . وأنا فى مقررى لكيمياء الطلبة الجدد، أبين لهم أن ثلاثى موضوعاتنا الرئيسية له بعض مشابهة بالمنهج الدراسى لهارفارد فى القرنين السابع عشر والثامن عشر ، وكان أساسا دراسة اللاتينية ، والاغريقية ، والعبرية. يوجد فى الديناميكا الحرارية شمول للمدى ودقة صارمة بما يشبه اللاتينية ؛ أما نظرية الكم التى فى الأساس من البنية الالكترونية والجزيئية فإنها بما فيها من أناقة وخاصية شاعرية تشبه الإغريقية ؛ ثم هناك علم الحركة الكيميائية بما فيه من أسلوب برأجمانى مباشر بحيث يشبه العبرية .

العلم بين الفنون العقلية

أن يحدث المستحيل فنتمكن هيلين كيلر من اللغة ، فإن هذا يعطى المثل ، بأسلوب يفرض نفسه ، عن أرفع هدف لتعليم الفنون العقلية : وهو غرس " عادة التساؤل والتفكير النابعين ذاتيا " ، وتفحص الأدلة تفحصا نشطا والتوصل إلى حلول للمعميات . وهذا هو أيضا جوهر التعلم الأصيل للعلم . وهذا يتفق مع تعريف أثير يمكن تطبيقه على نحو متساو على العلم وعلى الانسانيات ، وهو أن " التعليم هو ما يتبقى لدى المرء بعد أن ينسى كل مدارس " . ويعين هذا هدفنا بأنه سيكون الفهم بدلا من التدريب بالطقوس ؛

والمنظور الثقافى والتفكير بالاعتماد على الذات بدلا من المعرفة التقليدية .
والجوانب "التي تبقى" من العلم والرياضيات تطرح أشياء كثيرة تعلو على أى
تفاصيل تكنولوجية . وبالنسبة للمبتدئين من كل من العلماء والطلبة الذين يتجه
مصيرهم لمستقبل مهنى آخر ، ينبغي أن يؤكد المدرسون على ما يوجد من
مغامرة بشرية فى الاستكشاف العقلى ، مفعمة بأوجه ضعف فى السلوك
وبأوجه للفشل، إلا أنها فى النهاية تتوصل إلى تبصرات رائعة . ولا تقتصر
أهمية ذلك على أن يكون مجرد تابل يضاف إلى أطباق طعام شهية من
المحاضرات ، ومسائل الواجبات المنزلية ، وتجارب المعمل وإنما هو يربى
وجهات للنظر تماثل ما فى الفنون العقلية.

صدر نداء حار للعمل على حرث أرض مشتركة بين العلم والفنون
العقلية ، نادت به إيزيدور رابى إحدى رعاة ليون ليدرمان ، وذلك فى
محاضرة استمعت لها فى ١٩٥٥ وأنا طالب جامعى مبتدئ:

فى رأى أن قيمة العلم أو الإنسانية لا تقتصر على
أن تكمن فى مادة الموضوع وحدها ، ولا حتى فى جزء كبير
منها. وإنما هى تكمن أساسا فى الروح والتراث الحى اللذين
تتتابع فيهما هذه الفروع المختلفة من المعرفة ... مشكلتنا هى
أن نمزج بين هذين التراثين ... وأكبر عقبة تقف لنا فى
طريقنا هى التواصل . فالناس غير العلميين لا يستطيعون
الاتصاف للعلماء باستمتاع وفهم .

ليس لنا أن نأمل فى التوصل إلى الحكمة الملائمة
لعصرنا وجيلنا إلا بدمج العلم والإنسانيات . لابد وأن يتعلم
العلماء تدريس العلم بروح الحكمة وفى ضوء تاريخ الفكر
البشرى والجهد البشرى بدلا من أن يكون ذلك فى صورة
جغرافيا لكون غير ماهول بالبشر.

ناقشت رابى بعدها هذه الاهتمامات مع سى. بى سنو (ريجدين ١٩٨٧) ، الذى طورها لمدى أبعد فى كتابه "الثقافتان"

اتبعت طريقة حرة لتناول العلم فى مقررى للطلبة الجدد (هيرشباخ ، "تدريس الكيمياء" ١٩٩٦) حتى أبرز " ما سيتبقى " . لم يكن هذا استجابة فحسب لنداء رابى ، وإنما لأنى أيضا أحسست بأن الهدف الرئيسى ينبغى أن يكون جذب الطلبة إلى التوصل لتملك الأفكار العلمية . ويتم تشجيع ذلك بأن يكون تقديم العلم لهم بأسلوب أكثر انسانية . لجأت بطريقة نمطية إلى التمهيد لكل موضوع رئيسى بقصة ، يكون لها عادة صفة قصص الأمثال . وتعالج الكثير من قصص الأمثال هذه أحداثا تاريخية أو كشوفات الأبحاث الحالية ؛ وبعضها خيالى صمم ليستغرق السامع فى متعة فكها بينما توصل إليه رسالة جافة . وكثيرا ما تؤكد القصص على دور القياس بالمثل ودور التخمين أو تبين كيف ينتشر الكثير من الأخطاء وأوجه الفشل فى العلم ولكنها قد تقود إلى التقدم إذا كان " الخطأ بطريقة شيقة " . وقصة الأمثال تضع إزاء الطلبة عادة أسئلة ليحلونها .

وكمثل ، عندما نناقش قوانين الغازات ، أطلب من الطلبة النظر فى أمر مهمة خيالية ربما تكون مما يُطلب من هرقل (هيرشباخ ١٩٩٩). ماذا لو أن هذا البطل الجبار ، بعد أن أنجز مهمة الشاقة الأسطورية الاثنى عشرة^(١)، طلب منه أن يزن جو الأرض ؟ ويكتشف الطلبة أن تقدير ذلك يحتاج فقط لفكرتين اثنتين أوليتين ، ويؤثر فيهم مقدار النتيجة الضخمة (ستة بلايين ميجا طن^(٢)) . ثم نناقش المغزى . لو أن هرقل فشل فى مهمته هذه "الثالثة عشرة" سوف يثبت ذلك أنه حتى عند وجود قوة وشجاعة تفوق

(١) هرقل بطل فى الأساطير الإغريقية تحتم عليه تنفيذ مهام شاقة. (المترجم)

(٢) الميجاطن مليون طن. (المترجم)

مالدى البشر فإنهما لا يمكن أن تكون لهما الغلبة إذا كان ما نحتاجه هو مفهوم عقلى. أليس فى درس كهذا إدخال تحسين على الدرس الذى توصله لنا الأسطورة القديمة ؟

ما الذى يجعل "المستحيل" ممكنا

يتمتع العلم بميزة هائلة وهى أن : الهدف "ينتظر بصبر أن يُكتشف" - ولك أن تسمى هذا الهدف بأنه الحقيقة أو الفهم . وإذن ، فإن الموهبة البشرية العادية ، مع تواصل الجهد والحرية فى متابعة الأمر ، تستطيع أن تتجزأ أوجه تقدم رائعة . إلا أن هناك مشاريعا تتصف بأنها أكثر إربابا من ذلك إلى حد بعيد جدا مثل مشروعات الأعمال أو المشروعات السياسية ؛ فالأهداف هنا قد تتحول فى لمح البصر إلى صور متقلبة ، وهكذا كثيرا ما يثبت أن حركة كانت تثير الإعجاب تؤدي إلى الفشل بدلا من الانتصار لأنها نُفذت فى وقت مبكر قليلا أو متأخر قليلا عما ينبغى . والصبر فيما يتعلق بالحقائق العلمية له نتيجة مهمة أخرى . ففى أحيان عديدة يحدث ألا ينجح ما قد يبدو أولا وكأنه طريقه التناول الأكثر وعدا ؛ ذلك أن هناك حواجزا غير متوقعة تسد الطريق . وعندها تكون هناك ضرورة حيوية لأن يظهر بعض الخوارج من العلماء ممن لديهم الرغبة فى استكشاف مسالك غير تقليدية ، ربما تكون مسالك تشرد بعيدا عن الطريق الذى اتفق على أنه المحبذ . بل إننا نجد فى العلم أنه من غير المرغوب فيه ، أن يكون المرء مصيبا فى كل خطوة ، فهذا أمر ثقل كثيرا ضرورته أو إمكانه . والعلماء فى الجبهة الأمامية يتجهون أكثر الوقت فى الاتجاه الخطأ ، وهم يبحثون متفاعلين عن وجهات نظر جديدة .

العلم كما نلقاه فى المقررات النمطية للمدرسة الثانوية أو المقررات التمهيدية فى الكليات يختلف اختلافا مذهلا عن هذه الخاصية المغامرة فى الأبحاث كما يختلف أيضا مع روح العلم الحر . وكثيرا جدا ما يتم لقاء الطلبة

بهذه المقررات وهى فى شكل جسد مجمد من الدوجما . فتبدو الأسئلة والمشاكل وكأن لها إجابة صحيحة واحدة، يجب العثور عليها ببعض إجراء طقوسى . وإذا لم يستوعب الطالب بسهولة الطريقة التى تُعد الطريقة "الصحيحة" ، أو إذا وجد أنها مما لا يناسبه ، فإن من الأرجح أنه سيعد من الغرباء . فليس هناك فيما يبدو إلا مجال صغير جدا للممارسات الإبداعية الشخصية.

إن هذا لهو أبعد ما يمكن عما تكون عليه بالفعل أبحاث الجبهة الأمامية . فأول كل شئ أن "لا أحد" يعرف الإجابة الصحيحة، بل وكثيرا ما نجد حتى أن لا أحد يعرف السؤال الصحيح أو طريقة التناول الصحيحة . وبالتالي يكون علينا التركيز على ان نلقى سؤالا مهما أو أن نصيغ ما هو مألوف فى ضوء جديد . وأنا أشرح هذا فى مقررى لكيمياء الطلبة الجدد وأطلب منهم كتابة قصائد عن المفاهيم الرئيسية ، لأن هذا يشبه أداء العلم الحقيقى بدرجة أكبر كثيرا من التمارين المعتادة الموجودة فى الكتب المدرسية. كما أنى أعرض لهم أيضا بعض قصائد قليلة قلة معدودة تتعلق بالعلم ، وكثيرا ما تكون علاقتها بالعلم عن غير قصد . وكمثل ، هاك رباعية لجان سكاسيل ، الشاعر التشيكى (كونديرا ١٩٦٦) :

الشعراء لا يخترعون القصائد ؛
فالشعر كامن وراء فى مكان ما ؛
وقد ظل هناك زمنا طويلا ، طويلا.
والشاعر يكتشفه لاغير .

التنظيم الاجتماعى للعلم له أيضا دور رئيسى فى رعاية الإنجازات "المستحيلة" . وهناك حالة تقنعنا بذلك بوجه خاص ذكرها مايكل بولياني فى مقاله الكلاسيكى "جمهورية العلم" (بولياني ١٩٦٢). وهو يبين المفارقة بين المنظومات التراتبية المعتادة فى الأمور العملية مع الحرية غير المنظمة فى

العلم . ونجد فى النظم التراتبية أن وحداتها توجهها سلسلة من الموظفين الذين يكتبون التقارير عن السلسلة ويخصصون المهام . وتجرى أمور العلم بطريقة مختلفة جدا وبكفاءة أكثر كثيرا . فكل وحداته مستقلة بأمورها، وحررة فى أن تتبع ما يفيدها . ومع ذلك فإن هذه الوحدات المستقلة يحدث بينها تنسيق بواسطة "يد خفية" ، ذلك أن كل وحدة منها لديها الفرصة لأن تلاحظ وتطبق النتائج التى تتوصل لها الوحدات الأخرى . ويؤدى هذا إلى خلق مجتمع من العلماء يزيد من حجم المبادرات الفردية .

نجد مرة أخرى أن هناك مفارقة تثير السخرية بين هذا التعاون المتأصل وبين التنافس المصطنع بين الطلبة الذى يفرض عليهم فى المقررات النمطية . وأنا أستخدم بدلا من ذلك مقياس ترتيب مطلق ، بحيث يتنافس الطلبة إزاء مقياسى وليس أحدهم إزاء الآخر . وبالتالى ، فإن الطلبة يشجعون على أن يساعد أحدهم الآخر فى مجموعات دراسية وأيضا فى بعض أبحاث يتم أداؤها فى جماعات من فرق . وتجرى مناقشات بالفصل حيث يتشاور معا مجموعات من ثلاثة أو أربعة طلبة قبل أن يطرحوا أو يصادقوا على حل لإحدى المشاكل ، ويثبت فى العادة أن هذا أسلوب ناجح فى التدريس وفيه متعة بحيوية. وبالإضافة ، يثبت فى النهاية أن هذا الأسلوب يشجع الطلبة على صياغة التخمينات والدفاع عنها . وهذا أمر أساسى فى العلم ، وإن كان فى الواقع مما تكبته الطقوس الأكاديمية المعتادة . وأنا أحب أن أقول لفصولي: " بعد أن تمر سنوات ليست كثيرة من وقتنا هذا، سيُعد أغلبكم خبراء فى شئ ما . وعندها ستجدون أنه كثيرا ما يأتى إليكم العملاء ليسألونكم الرأى ، وليس سبب ذلك هو ما تعرفونه ، وإنما السبب هو أنهم يعتقدون أنكم كخبراء تستطيعون التخمين على نحو أفضل منهم " .

تفويض سلطة المدرسين للطلبة

يطلب من المؤسسة القومية للعلم أن تنفذ على فترات من بضع سنوات مسحا يقارن بين أداء طلبة الولايات المتحدة فى العلم والرياضيات

وأداء طلبة الدول الأخرى. أظهرت النتائج على نحو متكرر في أكثر من عقدين من السنوات أن فيها نمطا مفرعا : فنجد أن أداء طلبة الصف الرابع بالولايات المتحدة أعلى بما له قدره عن المتوسط العالمي ، وأن أداء طلبة الصف الثامن يكون في مستوى يقارب المتوسط ، إلا أن أداء طلبة الصف الثاني عشر أقل كثيرا من المتوسط . وأحد العوامل الرئيسية التي تسهم في ذلك هي النقص الذي يثير الكثير من الأسى في عدد المؤهلين من مدرسي العلم والرياضة في المدارس الثانوية (جريجوريان ٢٠٠١). بذلت جهود كثيرة لتوفير مدرسي العلوم ودعم تدريبهم . ومن بين هذه الجهود البرنامج الممتاز المسمى " التدريس لأمريكا " (شابيرو ١٩٩٣) الذي أنطلق في ١٩٨٨ بواسطة ويندى كوب عندما كانت طالبة جامعية في برينستون ، وهناك أيضا أكاديمية للمدرسين رائعة النجاح في شيكاغو (ليدرمان ١٩٩٨ ؛ سباركز وهيرش ١٩٩٧) ، يشارك ليون ليدرمان في رئاستها . ومع ذلك نجد على نطاق الأمة أن المشكلة مازالت مروعة .

أعتقد أننا لن نستطيع أن نوفر حشدا كافيا من مدرسي العلم في المستقبل المنظور . على أنى مقتنع بأن هذه الثغرة يمكن التغلب عليها بما له قدره بأن نفوض للطلبة الأكفاء سلطة التدريس بمدى أكبر كثيرا مما يحدث الآن . واقتناعي هذا له مصدران واضحان : المعارض العلمية الحديثة وتأملاتي في أيام دراستي أنا نفسي في المدرسة الثانوية .

منذ أكثر من عشر سنوات مضت ضمنى جلين سيبورج لهيئة إدارة مؤسسة صغيرة لا تهدف للربح ، تُسمى " خدمة العلم " ، وذلك في واشنطن العاصمة . وبالإضافة إلى نشر مجلة أسبوعية هي " أخبار العلم " ، وتُكتب لغير المتخصصين ، فإن المؤسسة كانت الراعي الأول للمعارض العلمية في المدارس الثانوية . وقد ظلت لسنتين عاما تقود "أبحاث الموهبين علميا" التي كانت ترعاها أصلا شركة "وستجهاوس" وترعاها مؤخرا شركة "إنسيل" .

ظلت المؤسسة لمدة مماثلة تقريبا تدير شئون المعرض الدولي للعلم والهندسة الذي ترعاه الآن شركة انتيل أيضا . وكان هذا المعرض يجلب معا أكثر من ١٢٠٠ طالب من خمسين قطر (بينهم ٩٥ فى المائة من الولايات المتحدة) ، وهم من فازوا فى المئات من المعارض المحلية ومعارض الولايات والمناطق التى يشارك فيها ما يقرب من مليون طالب آخر . ويساهم بسعادة فى البنية التحتية لهذه المعارض حشد من المتطوعين البالغين ، بينهم الكثير من الوالدين والمدرسين والعلماء ، بما فى ذلك ليون ليدرمان .

يُعد من يصلون إلى نهائيات "أبحاث الموهوبين علميا" و"المعرض الدولي للعلم والهندسة" سفراء ممتازون للعلم . وقد نفذ الكثيرون منهم مشروعات ذات أصالة وتثير الإعجاب ، كثيرا ما كان ييسرها وجود فرص للأبحاث الصيفية أو روابط بمعامل الجامعة استتھا أبحاث "ويب" . كثيرا ما عبّر هؤلاء الطلبة دون أى تلقين عن أوجه قلقهم بشأن مقررات العلم فى المدرسة الثانوية ، فى مدارسهم هم وغيرها من المدارس . هناك قلعة معدودة من طلبة أبحاث الموهوبين علميا والمعرض الدولي للعلم والهندسة التحقوا بهارفارد . وقد أصدروا منذ خمس سنوات مجلة اسمها "مجلة علم طلبة الجامعة" وذلك فى إصدارات متعاقبة تتألف من مقالات كانت قد قدمت أصلا فى مشروعات أبحاث الموهوبين علميا أو المعرض الدولي للعلم والهندسة . أرسلت هذه الإصدارات الخاصة إلى ١٠٠٠ مدرسة ثانوية ، لتوضح للطلبة والمدرسين ما تكون عليه المشاريع الجيدة . وإذ أدرك المحررون أن هناك حاجة للشرح ، فقد زودوا كل مقال فى هذه الإصدارات بملحق فيه دليل مسهب يشرح المفردات المتعلقة بالموضوع ، وخلفيته ، ومفاهيمه بطريقة متاحة للطلبة والمدرسين النمطيين فى المدرسة الثانوية . وهذا الجهد الذى بادر به الطلبة بأكمله فيه ما يمكن أن يبشر . فوجود تمويل بسيط مع توفير روابط "ويب" ربما يمكن من خلق شبكة يستطيع طلبة العلوم

عن طريقها أن يوفروا عوناً له قدره لكل من الطلبة والمدرسين في مدارسهم السابقة الثانوية.

المصدر الآخر لما لدى من اقتناع متفائل هو خبرتي الخاصة بي في المدرسة الثانوية . كان ذلك منذ خمسين سنة في منطقة ريفية؛ ولم يكن ثمة كثرة من الطلبة الذين يتوقعون الالتحاق بالكلية . وكان يجري تدريس معظم مقررات العلم والرياضة بواسطة مدرّبين حاليين أو سابقين للألعاب الرياضية، وهذا حال مازال يوجد كثيراً حتى الآن (روجرز ٢٠٠١) . كان أول درس لي في أول يوم بالمدرسة الثانوية درساً في الجبر . بدأ المدرس بقوله ، " أنا لا أعرف الكثير في الجبر! " وفي خلال أسبوع أو مايقرب ، كان هناك حقا عدة تلاميذ يتقدمون كثيراً على هذا المدرس. لم تكن هذه مشكلة بالنسبة له ؛ فهو كضابط سابق في الجيش يرى أن عمله هو أن يتأكد من أن أفراد القوات يبلغون المستوى القياسي . فكان يجعل الصبية الأكفاء يشرحون الدروس للآخرين وله هو أيضاً . وكانت النتيجة أن يدور نقاش ينساب حراً، حيث ليس هناك كبت لأي فرد في أن يلقي أسئلته. وحدث ما يماثل ذلك كثيراً في مقررات أخرى . كان لدينا مدرس للكيمياء متمكن من مادته على نحو يثير الإعجاب، ولكنه أيضاً كان يضع مسئولية كبيرة على عاتق الطلبة الأكثر كفاءة حتى يقودوا الفصل. وعلى الرغم من أننا لم تكن لدينا الفرصة للإسهام في المعارض العلمية ، فقد تحدانا مدرسوننا حتى نصبح شركاء أصليين في المشروع التعليمي . ويبدو أن القيمة في مبدأ " الإستفادة من الضرورة " قيمة مازالت حتى الآن تفرض نفسها (ليدرمان ٢٠٠١).

هناك برهان رائع آخر لما يمكن أن يسهم به الطلبة الموهوبون في المدارس الثانوية لدعم تعليم العلم ، وهو برهان نستقيه من مشروع آخر لليدرمان . هناك خمسة عشر طالب من أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلوم أخذوا على عاتقهم مهمة كتابة سيرة العلماء الأمريكيين المبرزين . اختار كل

مؤلف من الشباب عالما يؤثره ليدرسه ويجرى لقاء معه ، وكتب كل منهم سردا حيا لحياة العالم وأبحاثه ، موجه لطلبة المدارس الاعدادية والثانوية . وكانت نتيجة ذلك كتابا رائعا (ليدرمان وشيبلر ٢٠٠١) فيه تصوير لهؤلاء العلماء والمهمن ، بصور تشغل الفكر مرتين كثرات من الجذور ومن الأجنحة المحلقة يتلقاها جيل جديد وهو مفعم بالتبصر .

مباركة من نوبل

شارك ليون ليدرمان فى احتفالات جائزة نوبل بالعيد المئوى لها التى جرت فى ديسمبر ٢٠٠١ باستوكهولم ، وذلك بصفته عضوا فى هيئة لمناقشة التحديات التى يلوح طيفها فى القرن القادم . وبينما أخذت أشهد ليدرمان وغيره من الفائزين بنوبل يقرون بالمسائل "المستحيلة" التى ستواجهنا وكذلك أيضا بالفرص الجديدة لأن يكون العلم فى خدمة البشرية ، فقد حثى ذلك على أن أتأمل فى أحد جوانب هذه الجوائز ، جانب نادرا ما لحظه أحد .



ميدالية نوبل : الوجه العكسى لميدالية نوبل للفيزياء أو الكيمياء ، ويصور سينتا "العلم" وهى تحديق فى وجه مدرستها ناتورا "الطبيعة".

كثيرا ما تُعرض صور لميدالية نوبل الذهبية ، ولكن ذلك يكون عادة لجانب واحد منها هو الجانب الذى يصور بروفيل ألفريد نوبل . على أن جانب الميدالية الآخر يستحق الانتباه إليه لأنه يهدف إلى أن يوصل لنا أهمية الجوائز (لأجاركفست ٢٠٠١) . صممت كل ميداليات الفيزياء أو الكيمياء أو الفيزيولوجيا أو الطب ، وكذلك الأدب بواسطة الفنان السويدي إريك ليندبرج فى ١٩٠٢ . يحمل الوجه العكسى لكل من هذه الميداليات الأربع بطول حافته العليا نقش باللاتينية هو : "Inventas vitam iuvat excoluisse per artes" ويمكن تقريب ذلك بالإنجليزية إلى " من الممتع أن يُجلب التهذيب للحياة من خلال ما "يكتشف من فنون". اتخذت مؤسسة نوبل هذه العبارة لجوائز العلم وكذلك أيضا لجائزة الأدب ، الأمر الذى يؤكد القرابة الثقافية بين العلم والانسانيات^(١)

وبالنسبة لميداليتى الفيزياء والكيمياء ، يصور الوجه العكسى امرأتين أنيقتين ترتديان عباءتين شفافتين ، وكلاهما تقبع بين سحب مكتلة ، وإحداهما تقف منتصبة والأخرى راكعة . والمرأة الواقفة تدعى "ناتورا" وتمسك فى يدها اليمنى قرنا للخصوبة الوافرة . والمرأة الراكعة "سينتا" ترتدى إكليل الغار وتمسك فى يدها اليسرى لفافة بردى . وهى تمد يدها اليمنى لترفع النقاب عن وجه "الطبيعة" وهى تنظر إليها نظرة مركزة . ورمز رفع النقاب معروف فى الآثار الكلاسيكية ، ويمثل على نحو ملائم هدف البحث العلمى . وهو يتلاءم بما يماثل ذلك تماما مع تعليم العلم . وبالنسبة إلى فإن هذا يصل إلى ما يتجاوز الاستعارة المجازية . فشخصيتا ليندبرج الجادتان الجميلتان تتجسدان بالفعل فى شخصيتين خالدين أخريتين : المدرس والطالب ، أنى سوليفان وهيلين كيلر .

هامش

(١) يقرر لاجركفست أن العبارة المنقوشة هي " تنقيح لعبارة لفرجيل (الأياده، ٦:٦٦٣) "inventas aut qui vitam excoluere per artes". والترجمة الانجليزية التي ذكرتها قد تكرم بتزويدى بها د.ريتشارد ف. توماس ، أستاذ الإغريقية واللاتينية بجامعة هارفارد . وقد بين لى أيضا أن الكلمة اللاتينية artes هي مصطلح واسع يمكن أن يشمل العلم والتكنولوجيا مثلما يشمل الفنون والحرف .

المراجع

- Bruce, Robert V. Bell: Alexander Graham Bell and the Conquest of Solitude. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1990.
- Gregorian, Vartan. "Teacher Education Must Become Colleges' Central Preoccupation". The Chronicle Review, The Chronicle of Higher Education (August 17, 2001), pp. B7-B8.
- Herschbach, Dudley. "Imaginary Gardens with Real Toads." Annals of the New York Academy of Sciences 775 (1996): 11.
- Herschbach, Dudley. "Teaching Chemistry as a Liberal Art." Liberal Education 82 (1996): 1-9.
- Herschbach, Dudley. "The Thirteenth Labor of Hercules." In The Thirteenth Labor: Improving Science Education, eds. E. J. Chaisson and TC. Kim, pp. 61-70. Amsterdam: Gordon and Breach Publishers, 1999.
- Kundera, M. The Art of the Novel. New York: Grove Press, 1966, p. 99.
- Lash, Joseph P. Helen and Teacher. New York: Addison-Wesley Publishers, 1997.
- Lagerqvist, Lars O. Nobel Medals. Stockholm: The Royal Coin Cabinet, 2001, pp. 20-21.

- Lederman, Leon. "Lessons Learned: The Teachers Academy for Mathematics and Science." *Phi Delta Kappan* (October 1998): 158.
- "Revolution in Science Education: Put Physics First!" *Physics Today* 54 (September 2001): 11-12.
- Lederman, Leon M., and Judith A. Scheppler, eds. *Portraits of Great American Scientists*. Amherst, N. Y.: Prometheus Books, 2001.
- Mackay, James *Sounds Out of Silence*. Edinburgh : Mainstream Publishing, 1997.
- Polanyi, Michael. "The Republic of Science : Its Political and Economic Theory." *Minerva* 1 (1962): 54.
- Rigden John S. *Rabi, Scientist and Citizen*. New York : Basic Books, 1987, pp. 256-57.
- Rogers, T.K. "The View of Physics from High School." *APS News* 10 (August/September 2001):8.
- Shapiro, Michael. *Who Will Teach for America ?* Washington, D.C.: Drew Fairchild, Inc., 1993.
- Sparks, Dennis, and Stephanie Hirsh, *The New Vision for Staff Development*. Alexandria, Va.: Association for Supervision and Curriculum Development, 1997, p. 49.

بيع الفيزياء لمشتريين لا يرغبون فيها^(*)

الفيزياء كحقائق وخيال
لورنس م. كراوس

يمر الكثيرون من الفيزيائيين بالخبرة التالية . يقابل الواحد منهم بعض الأفراد في حفل فيسألونه عن عمله ، فيخبرهم بأنه فيزيائي . وسرعان ما يغيرون موضوع الحديث . ولكنه لو سألهم إذا كان مما يثير اهتمامهم موضوعات كالثقوب السوداء، أو المسارات المنحرفة ، أو السفر في الزمان، فإنهم عندها يحسون بالافتتان.

يظن معظم الناس أن ليس لديهم إلا أقل اهتمام بالفيزياء ، ولكنهم في الوقت نفسه يهتمون بالغ الاهتمام بكثير من الأمور التي تعالجها الفيزياء. ويطرح هذا الانقسام الثنائي أن الفيزيائيين لم يحسنوا أداء مهمتهم من حيث إيجاد علاقة بين الفيزياء وغير الفيزيائيين وأن الطريقة الطبيعية لحفز الناس لأن يتعلموا شيئا في مجال الفيزياء هي التأكيد على الصلة بين الفيزياء وبين ما فيه فائدة للناس أنفسهم.

اتاحت لي أحيانا الفرصة لأن أحاضر مدرسين عن التدريس، وعندما أفعل ذلك فإنني أوضح لهم عادة أن أكبر خطأ يمكن أن يرتكبه أي مدرس هو أن يفترض أن الطلبة يهتمون بما يكون عليه أن يقوله. وعلى المدرس بدلا

^(*) مقال للورنس كراوس ظهر لأول مرة في مجلة "فيزيكرز ويرلد" (عالم الفيزياء) رقم ١١، ٧ (يوليو ١٩٩٨): ١٣ - ١٤.

من ذلك أن يكون مستعدا لأن يقتنعهم بأن يكونوا مهتمين بالأمر ، وأنه لا يمكنه أن يتوقع منهم أن يصلوا هم إليه . وبدلا من ذلك فإنه يجب أن يصل المدرس إلى حيث يكونون هم . وأعتقد أن هذا المبدأ الأساسى ينطبق على مدى أوسع كثيرا من مجرد التدريس بحجرة الفصل ، ولكنه على أى حال ينطبق بكل تأكيد على تعليم الجماهير . فإثارة الحافز أهم كثيرا من الوضوح ، على الأقل فى بادئ الأمر .

ذكرت هذا كله كتمهيد للسبب فى أنى - وأنا أحب أن أظن نفسى فيزيائيا له احترامه على نحو معقول - أجد نفسى وقد أخذت أكتب وأحاضر عن فيزياء رواية "رحلة النجوم" (ستار تريك) . وعلى أى حال فإن "رحلة النجوم" هى رواية خيال علمى، الأمر الذى يكون على أن أذكر به أفرادا كثيرين ممن يتمسكون فى محاضراتى باتخاذ المظهر الرسمى . عندما تُعرض هذه الرواية فإن العرض ليس فيه أى ادعاء بأنه يصف الواقع ، أو أى ادعاء بالحاجة إليه . وكما يقول جين رودينبرى مؤلف العرض الروائى فإن سفينة النجوم "انتربرايز" هى أساسا أداة نقل للدراما . والعلم يُلقى به فيها ويلوى تعسفيا ليتلاءم مع حاجة الحبكة الروائية - وليس العكس بالعكس .

ومع ذلك فإن " رحلة النجوم " قد استحوذت على خيال الجماهير . وكمثل ، عندما أقام متحف الهواء والفضاء فى واشنطن العاصمة عرضا "للانتربرايز" ، كان ذلك أكثر العروض شعبية فى كل تاريخ المتحف - فكانت شعبيته أكثر كثيرا من شعبية أى سفينة فضاء حقيقية سافرت بالفعل فى الفضاء الخارجى !

وبدا لى أنه لا توجد طريقة لمحاولة الوصول إلى الناس أفضل من استخدام أيقونة من الثقافة الشعبية . وإذا أخذت أتأمل القضية ، أدركت أن الرواية المسلسلة تمس بطريقة أو أخرى مدى من ظواهر فيزيائية متنوعة . وبالإضافة ، فقد قررت أن أحد الأسباب فى أن المسلسل ظل بالغ الشعبية

هكذا بين جمهور المشاهدين عبر السنوات الثلاثين الماضية هو أنه يدور حول "أمور ممكنة" . أليس من المؤكد أن هذا هو السبب في ممارسة معظم الفيزيائيين للفيزياء ؟ فهم على أى حال يريدون ببساطة أن يعرفوا ما هو الممكن فى الكون . وبالتالي ، فإن فكرة استخدام وضع "رحلة النجوم" كمعمل لاستكشاف فيزياء الكون الحقيقي أخذت تبدو طبيعية فى ذهنى بدرجة أكبر وأكبر .

قواعد إجرائية

لايعنى هذا أنى لم تساورنى الهواجس حول هذه المحاولة كلها. وحيث أنه لا حاجة بنا للقول بأن الكثير من روايات الخيال العلمى - بل والحقيقة أن جزءا كبيرا من رواية "رحلة النجوم" - يتضمن علميا ما هو هراء ، فهل يقلل من شأن عالم الفيزياء الحقيقي أن ينقب داخل هذه العوامل الخيالية؟ وبالإضافة ، ما هى أهمية فضح الزيف الموجود فى كون روائى ؟ بل وكيف سينظر زملائى حقيقة إلى هذه المحاولة، وكيف ، سيتفاعل المعجبون برواية "رحلة النجوم" مع ما أفعله ؟

قررت بهذا الشأن فى وقت مبكر أنه لابد من وجود قواعد إجرائية عديدة حتى لا تترد هذه المحاولة لتصبح إما اعتذارا عن حماقات مؤلفى "رحلة النجوم" ، وإما تنظيفا للأدران بنقد لاذع لن يهم أحدا . أول كل شئ ، مهما كان الأمر مؤلما ، إذا كان هناك شئ مستحيل ، سأقول عنه ذلك . وثانيا ، بدلا من الركون عند هذه المستحيلات ، إذا كان فى الرواية شئ مستحيل ، سأعمل للعثور على شئ فى العالم الحقيقى أقيم علاقة بينه وبين ما لا يمكن أن يكون .

عزز هذا المشروع كله من اقتناعى بأن الحقيقة تكون بالفعل أغرب من الروايات ، وأعتقد أن الناس يفاجئون بذلك إلى حد بالغ عندما نلقى بأمثلة

له فى وجوههم . والحقيقة أنه فى واحد من العروض الأثيرة لى لأحدث كتاب لى ، وهو "مابعد رحلة النجوم" ، وهو عرض ظهر فى مجلة "بابلشرز ويكلى" (المجلة الأسبوعية للناسرين) ، أقر عارض الكتاب بأن الظواهر العلمية كثيرا ما تكون أكثر سحرا من الظواهر الروائية - الأمر الذى يبدو أنه كان فيه مفاجأة كبيرة له . ولا أستطيع أن أجد مبررا لاستخدام روايات الخيال العلمى كطريقة لتدريس العلم أفضل من هذا البرهان على أنها تستطيع إقناع الناس بأن العالم الحقيقى عالم ساحر .

إلا أنه قد يكون على مثلا أن أحدث جمهورا من غير المتخصصين عن الكشف عن جسيمات النيوترينو^(*) الشمسية فى سياق الأخطاء الشنيعة فى "رحلة النجوم" التى تدور حول النيوترينو ، وأن يكون حديثى بحيث لا تُسمع فيه الضحكات المكتومة عندما أزعم أن كل ما علينا أن نفعله للكشف عن جسيمات النيوترينو الشمسية هو أن نكشف عن ذرات أراجون معدودة وسط ١٠٠٠٠٠٠ جالون من سائل للتنظيف ! كم سيكون ممعا عندها أن أبين أن هذه التجربة قد تم إجراؤها ، وفوق ذلك فإنه لم يحدث لأى كاتب رواية علمية فى حالة عقلية سليمة أن أدخل فكرة من هذا النوع فى رواية للشاشة لأنها ستبدو غير معقولة إلى حد بالغ . وأنا بدون لجوى إلى مرساة "رحلة النجوم" لن أكون واثقا حتى من أنه سيكون هناك جمهور يستمع إلى فى قاعة المحاضرات ليُسمعنى باندعاش نوعا من صيحة 'آها' ، كما يقولون فى متاحف العلم .

(*) النيوترينو جسيمات بلا شحنة وزنها خفيف جداً تتبعث من الشمس وتخرق الفضاء ومعظم الأجسام ويصعب الكشف عنها ، وقد تكون أحد مكونات المادة المظلمة التى تشكل ما يزيد عن ٩٠٪ من وزن الكون. (المترجم)

رواية الخيال العلمى فى الفصل الدراسى

ولكن هل تستطيع هذه الطريقة للتناول أن تتجح فيما يتجاوز عالم الكتب الشعبية والمحاضرات ، وداخل حجرة الدراسة ؟ أعتقد أنها تستطيع ذلك . منذ أخذت فى تأليف الكتب ، سمعت من عدد لا يحصى من مدرسى المدارس الثانوية أنهم قد استخدموا بعض زمن "رحلة النجوم" أو أمثلة أخرى من روايات الخيال العلمى وذلك لحفز طلبة يكونون بدون ذلك من غير المهتمين كما استخدموها أيضا لزيادة حمية الطلبة الذين أحدثت الفيزياء بالفعل تأثيرا فيهم . والحصول على كتب تمس أحدث تطورات الفيزياء فى هذا السياق يساعد المدرسين بأن يتيح لهم الوصول إلى أمثلة ربما كانوا بدون ذلك لا يتنبهون لها .

على أى حال ، قد وجدت أن إدراكنا لأنه يمكن فهم شئون أساسية جدا بطريقة جديدة هكذا لهو أمر له قوة أكبر كثيرا مما يُكتسب من رضاء عند الحصول على وجهات نظر جديدة عن الغرائب المختلفة للفيزياء الحديثة. ونحن جميعا نحاول ان نجعل الأسئلة الواردة فى مجموعات مسائلنا أكثر إثارة عن القول بأن "جو وجين كانا يسافران فى الطريق بسرعة خمسين ميلا فى الساعة ..." وهذا نوع من مقولات تعرض له الكثير منا فى المقررات التمهيدية للفيزياء . لماذا إذن لا نجعل الطلبة يعرضون أن جين - لوك بيكارد، قبطان "الإنتربرايز" فى "رحلة النجوم : الجيل التالى" ، سوف ينسحق كالنملة بواسطة القوى - جى كلما ردد كلمة "اشتبك!" أو أن الغزاة الأغراب فى الرواية السينمائية 'يوم الاستقلال' سوف ينزلون الدمار بمجرد أن يجلبوا سفينة فضاء كتلتها ربع كتلة القمر لتصبح فى مدار ثابت جغرافيا حول الأرض؟ والحقيقة أنى نتيجة لهذه الأسباب بالضبط بدأت كتابتى الأخيرين بهذين المثلين .

توجد فى الحقيقة مدرسة فكرية فى تعليم الفيزياء تطرح أن الطريقة الوحيدة لجعل الطلبة يتعلمون الأشياء حقا ويتذكرونها فيما بعد هى أن تجعلهم يواجهون مباشرة ما لديهم هم أنفسهم من مفاهيم مسبقة خاطئة بشأن الفيزياء. فلنجعلهم مثلا يفسرون أولا السبب فى أن الأجرام التى لها كتلة مختلفة تسقط بسرعات مختلفة ، ثم نبين لهم بعدها أن الأمر ليس كذلك . وهذا الجيل الذى تربى على " رحلة النجوم " - وتربى فى زمن أحدث على "ذباب إكس" وعلى روايات سينمائية مثل "حرب النجوم" و"يوم الاستقلال" - لهو جيل مشحون بمفاهيم خاطئة تنتظر فحسب من يستغلها!

المخاطر والعثرات

لا تخلو هذه الطريقة للتناول من وجود عثرات فيها . وقد وجدت أن أفضع مفهوم جماهيرى خاطئ فيما يتعلق بالعلم هو الشعور بأن الثورات العلمية تلغى كل ما أتى قبلها . تعتقد الجماهير أنه لا يوجد مستحيل وأن كل ما نعتقد أنه حقيقة اليوم سيثبت فى يوم ما خطؤه . (وبالتالى ، فإنه كما يمضى بنا هذا المنطق، لماذا نبالى بأن نبذل مطلقا أى اهتمام بالفيزياء ؟) ولا حاجة بنا لأن نقول أن هذه دعوى تناقض بالكامل المقومات الرئيسية للعلم - أعنى أننا نستطيع فقط أن نثبت ان هناك أمورا زائفة (غير حقيقية) وأن المبادئ التى تنتهك الآن الاختبارات التجريبية سوف تواصل انتهاكها فى المستقبل. (أود لو أستطيع أن أنقل هذه الأفكار بطريقة أكثر فاعلية لبعض من زملائي فى الاتسانيات من أتباع مذهب ما بعد الحداثة!)

على المرء أن يكون حريصا عند اللجوء بأكوان روايات الخيال العلمى وذلك حتى يكون واثقا من أن جمهور مستمعيه لن يخرج فى حالة بلبلة بشأن هذه الموضوعات المحورية . والحقيقة أنى أتلقى عددا من الخطابات حول الأفكار التى أزعم أنها مستحيلة أكثر مما يدور حول أى شئ آخر . (معظم هذه الخطابات يمهّد لها بأقوال مثل : "لو أنك تحدثت فى القرن السادس عشر

عن الطائرات لقالوا أنك مجنون...") . إن من مسئوليتنا ان ندرس للناس كيف يميزون الفارق بين مجالات هي ببساطة مما لا نعرف إجابات عنها -وحيث يكون الحال في الحقيقة أن كل شيء أو تقريبا أي شيء قد يكون ممكنا - وبين تلك المجالات التي يكون لدينا فيها فكرة واضحة عن أي الأفكار تكون خطأ .

وفي حين أتى أدرك أن الرجوع إلى عالم رواية الخيال العلمي يمكن أحيانا أن يعتمد على هذا التمييز ، إلا أنني أعتقد أنه إذا كان المرء حريصا ، سيكون للتوصل إلى الثقافة الشعبية مزايا تبلغ فعلا في النهاية ما يفوق كثيرا المخاطر الممكنة .

اقتراحان متواضعان

بشأن تعلم العلم

جيمس تريفل

لدى ثقة فى أن كل من ساهم فى هذا الكتاب له ذكرياته الخاصة عن ليون ليدرمان ، سواء عن شخصيته كاحد سكان نيويورك الذين يذرعون شوارعها متأنقين ويدلون بملاحظات بارعة، أو وهو يجسد بطريقة أكثر وقارا (الى حد ما) الرائد القومى فى وضع سياسة العلم والتعليم . أما بالنسبة لى فإن ذكرياتى الخاصة عنه تتعلق بمدرسة للعلم للقضاة الفيدراليين كنا نحاضر فيها معا . أثناء تناولنا للمشروبات بعد الغذاء مع بعض القضاة ، تحول موضوع الحديث إلى التساؤل عن السبب فى أن رجلا مثل ليدرمان ، الفائز بنوبل والمدير الفخرى لأحد أعظم معامل الأبحاث فى العالم ، يرغب فى أن يشارك فى شأن بغيض مشوش مثل نظام المدارس العامة فى شيكاغو. وقال ليدرمان مفسرا ، "عندما تحوز جائزة نوبل فإن هذا يتيح لك أن تدخل إلى مكتب أى فرد (فى التو) ، وقد تصورت أنى أستطيع استخدام ذلك لإتجاز بعض الخير". وهذا المزيج من الدعابة الساخرة والمثالية هو ما توصلنا إلى ان نتوقعه دائما من هذا الرجل الذى نكرمه بهذا الكتاب .

هناك جوانب كثيرة فى (تعليم) العلم ، كل منها يفرض مشاكله الخاصة به . وقد اختار ليدرمان أن يتناول المشاكل الموجودة فى التعليم الابتدائى والثانوى ، وقد نوقشت هذه المشاكل بإسهاب فى إسهامات الكتاب الآخرين فى هذا الكتاب . ولهذه المشاكل مزاياها فى أنها محددة جيدا وتتعلق إلى حق كبير بإصلاح المنهج المدرسى وتدريب المدرسين ؛ أما ما يعيبها فهو أن المرء يتعامل فيها مع طلبة صغار السن كثيرا ما لا يقدرون قيمة ما يدرسون. ومشكلة (تعلم) العلم ، وهى المجال الذى اخترت أن أركز جهودى

فيه ، هي بأحد المعانى صورة مرآة لمجال التعليم الابتدائى والثانوى .
والجانب الطيب فيها هو تعامل المرء مع الطلبة الأكبر سنا ومع البالغين؛
والجانب السيئ هي أنهم يكونوا إما قد أنهوا تعليمهم أو على وشك الانتهاء
منه، فتكون فعالية الإصلاح القياسى للمنهج فعالية محدودة . وحتى نعرض
الأمر بصراحة نقول أن الأفراد الذين قد أنهوا تعليمهم الرسمى لا يكون
عليهم أن يدرسوا المزيد للامتحان النهائى .

وبالإضافة ، فإن التقدم نحو تعلم العلم من خلال إصلاح المنهج
يكون دائما بطيئا . ولنفكر فى الأمر على هذا النحو : لو استطعنا أن نلوح
بعضا سحرية فنجد لدينا فجأة نظاما تعليميا يجرى أداؤه فى تعليم العلم دون
أى خطأ، وينتج خريجين على أرفع مستوى من تعلم العلم ، فإنه سيلزم أن
يمر على هؤلاء الخريجين ربع قرن حتى يشكلوا الأغلبية بين الناجحين .
وهذا هو السبب فى أن الكثيرين منا (بما فيهم ليون) ينفقون وقتا كثيرا هكذا
فى تأليف الكتب . والتحدث إلى الناس فى وسائل الإعلام الإذاعية ، وينتابهم
القلق بشأن الوجه الجماهيرى للعلم .

ومع ذلك ، فإن الحل الوحيد على المدى الطويل لمشكلة تعلم العلم
يتطلب تغيير نظام التعليم . وأود لهذا السبب أن أنفق رصيدى فى هذا الفصل
فى الحديث عن بعض جوانب تعليم العلم على مستوى الجامعة . على أنى
قبل أن أفعل ذلك ، أود أن يُسمح لى بلحظة أعرف فيها مصطلح "تعلم العلم"
كما سوف أستخدمة.

سوف أقول عن أحد الأشخاص أنه متعلم علميا إذا كان يستطيع أن
يتعامل مع الشئون العلمية التى يلقاها عبر أفق الحياة العامة بالسهولة نفسها
التي يظهرها شخص متعلم عند تعامله مع الشئون السياسية أو القانونية أو
الاقتصادية . وقد أصبح المجتمع الآن يقاد على نحو متزايد بالعلم
والتكنولوجيا ، وهو مجتمع تتزايد مطالبته مواطنيه بالتعامل مع قضايا تتضمن

عنصرا كبيرا علميا أو تكنولوجيا، وفي مجتمع كهذا لا يكون تعلم العلم نوعا من الرفاهية - وإنما هو ضروري . وبدون تعلم العلم ، سيصاب نظامنا الديمقراطي بالتحلل ليصبح مجتمعا تتخذ فيه القرارات إما بواسطة نخبة متقنة أو بواسطة جماهير تقودها الديما جوجية.

على أننا وقد قلنا ذلك ، فإن من المهم أن ندرك أن نوع المعرفة الذى يحتاجه المواطن حتى يقوم بوظيفته فى القرن الحادى والعشرين يختلف اختلافا ملحوظا عن نوع المعرفة الذى يحتاجه بعض فرد يخطط لأن يكون مستقبلا المهنى علميا أو تكنولوجيا . فالمواطن العادى ليس بحاجة لأن يكون قادرا على "أداء" العلم ، وحسبه أن يفهم ما يكفى للوصول إلى استنتاجات حول القضايا الجماهيرية . ولناخذ كمثلا أيا من المناقشات الحالية حول البيوتكنولوجيا . تتناقش هنا مسائل تتناول إلى حد كبير قضايا أخلاقية ودينية، ولكن من الواضح أنه إذا كان أحدهم لا يعرف ما يكونه الجين أولا يفهم شيئا عن الميكانيزمات الجزيئية الأساسية التى تقود المنظومات الحية ، فإنه لا يستطيع حقا أن يفهم ما تكونه هذه المسائل. وشخص كهذا هو منعزل بالفعل عن النقاش الديمقراطي . ومن الناحية الأخرى لا يلزم على المرء أن يكون قادرا على تحديد تتابع جزء من دنا حتى يقرر (مثلا) إذا ما كان الاستساخ العلاجى يناسب أولا يناسب الحسابات الأخلاقية.

ومن ثم ، فإن مفهوم تعلم العلم يفرض على النظام التعليمى نوعا من "لائحة بناء" . فهو يقول أنه ينبغى ألا يُسمح لأى أحد بالتخرج من المدرسة الثانوية أو الجامعة وهو لا يحوز فهما أساسيا معيننا لمشغولات الكون . على أن ما يفرض هكذا من معيار هو مما يصعب على الجامعات الحديثة صعوبة بالغة أن تتعامل به ، ذلك أنه يتطلب تعليما لا يتلاءم تماما مع بنيتها فى شكل أقسام . وكمثلا فإن النقاش حول الاحترار الكوكبى يتطلب فهما لتوازنات الطاقة الكوكبية (فيزياء) ، وللجزيئات الموجودة فى الجو (كيمياء) ،

ولتغيرات المناخ (علوم أرضية) ، وأوجه القوة والهشاشة في المنظومات الإيكولوجية (بيولوجيا) . وسيجد الطالب صعوبة في اكتساب خلفية كهذه بواسطة أنماط المقررات التي تسود الآن في المنهج الدراسي - مقررات تركز على فرع واحد من المعرفة .

في اعتقادي أن الجامعات تستطيع أن تتغلب على قصورها التنظيمي وأن تنتج ذلك النوع من المقررات متعددة الفروع العلمية (multidisciplinary) التي نحتاجها لإنتاج طلبة متعلمين علميا. والحقيقة أنني أعرف ما لا يقل عن ٢٠٠ كلية وجامعة في هذا البلد هي إما قد اتخذت هذه الأنواع من المقررات وإما أنها تجربها. على أن هناك عقبة أخرى أحس بأنها أكثر تأسيسا وصعوبة - مشكلة تتعلق بموقف كثيرين من أعضاء هيئة التدريس الكليات العلمية . كثير جدا ما أجد زملاء لي وقد توقعوا في نوع من الصلف يجعل من الصعب عليهم أن يروا أي قيمة في تدريس العلم للطلبة الذين لا يتجهون لأن يكونوا علماء أو مهندسين في المستقبل . وعندما تمرر قيم كهذه إلى أعضاء هيئة التدريس الأصغر سنا وتُدمج في اتخاذ القرارات بالترقيات والتثبيت الوظيفي ، فإنها تؤدي إلى إنتاج نوع من العمى الجماعي بالنسبة لاحتياجات المواطنين العاديين .

كثيرا ما يبدأ ليون ليدرمان النقاش بذكر مقولات تجمع في الوقت نفسه بين أن تكون مثيرة للسخط وأن تكون معقولة إلى حد فائق ، وبهذه الروح التي يبدأ بها ليدرمان مناقشاته أود أن أطرح اقتراحين فيهما ما يرشد محاولات الكليات في مسألة تعلم العلم ، وهما :

"علينا أن ندرس للطلبة الموجودين لدينا ، وليس للطلبة الذين نود أن يكونوا لدينا .

إذا كنا نريد للطلبة أن يعرفوا شيئا ما ، علينا أن نخبرهم بما يكونه."

اسمحوا لى أن أبدأ بالمبدأ الأول . كل من قضى وقتا فى نوادى الكليات لا يمكن أن يكون قد فاتته ملاحظة أن إحدى الوسائل المفضلة بين الأساتذة لقضاء الوقت هى الشكوى من الجيل الحالى من الطلبة . وكما لاحظت أنا ، فإن هذا يصدق بالذات بين العلماء الذين يدرسون مقررات لمن تكون موادهم الرئيسية ليست من العلوم . (ينبغى أن أذكر بالمناسبة أنه يبدو أن ظاهرة شكوى هيئة التدريس مستقلة تماما عما تكونه فعلا نوعية الطلبة . وقد سمعت ما يشبه كثيرا هذه الابتهالات بالشكاوى من أفراد يدرسون فى معاهد خاصة متميزة لها معايير للالتحاق بها على أقصى درجة من الدقة الصارمة، كما سمعتها من أفراد يدرسون فى المعاهد العليا التى تدرس لعامين فقط . والحقيقة أن التشكى فى هذه المعاهد الأخيرة قد يكون حتى أقل مما فى المعاهد المتميزة !)

بعض هذه الشكوى قد لا يزيد عن أن يكون ناتجا عن نزعة المتقدمين فى العمر إلى التركيز على الأخطاء وأوجه الفشل فى الجيل التالى . ولكنى أرجو أن تغفروا لى عندما أرى أن فى ذلك عرض مرضى لشيء أعمق ، خاصة وأنه يتعلق بتعليم العلم . فقد كان مما لاحظته شخصا أن أعضاء التدريس بالكليات ، فيما عدا بعض استثناءات مبرزة ، لا يستريحون إلى تدريس مجالاتهم لأولئك الذين لا ينوون متابعة دراسة العلم فى المستويات الأعلى . وهذا الاحساس ، بمعنى ما ، ليس إلا إحساسا بشريا - فنحن جميعا نحس بالراحة عندما نكون مع أفراد 'مثلنا' (أو على الأقل يتوقعون لأن يكونوا 'مثلنا') أكثر مما نحسه ونحن مع أولئك الذين ليسوا 'مثلنا' . وفى حالة أعضاء تدريس الكليات ، فإن عدم الراحة هذا يتخذ شكل الهجوم على أى مقرر يعالج أحد الموضوعات بدرجة من الفعالية والحيوية تقل ، عما يطرح عادة على من تكون مادتهم الرئيسية هى دراسة موضوعات مساوية . وقد يتخذ هذا مثلا شكل شجب منح الأقسام لمن تكون مادتهم الرئيسية من الفنون العقلية ، باعتبار أنهم نسخ باهتة للشيء الحقيقى .

وأنا أشعر أن هذا الاحساس فيه حقا هجوم بفكرة أن أى طرح للعلم بدرجة من الفعالية والحيوية تقل عن الكمال لهو على نحو ما أمر منخط ، ينبغي (على الأقل بالتضمنين) ألا يكون فى المنهج الدراسى لأى جامعة حقيقية . ونجد حسب هذا الرأى أنه لا أهمية مطلقا لحقيقة أن كل الطلبة يحتاجون لمعرفة 'بعض شئ' عن العلم . وتجرى حجة أصحاب هذا الرأى بأنه " إما أن يتعلموا مادتنا فى أشد أشكالها فاعلية، وإما ألا يهتموا مطلقا بدراستها" . والأمر وكان أحد أقسام الموسيقى قد قرر أنه لايمكن للمرء أن يأتى لحضور حفل كونسيرت إلا إذا تمكن من إثبات حذقه فى عزف الكمان.

من الواضح أن تناول هذا الموضوع فى هذا الكتاب يشبه توجيه وعظ لجوقة الكنيسة . ويكفى هنا القول بأن الالتزام الحقيقى لعضو هيئة التدريس بكلية جامعية (أو بهيئة تدريس أى كلية) هو أن يأخذ الطلبة الذين يأتون إلى فصله من أى مكان كان عند البداية ليصل بهم إلى المكان الذى يفترض أن يكونوا فيه عند النهاية . ويعنى هذا فى حالة طلبة الفنون العقلية ، أن علينا أن نتقبل حقيقة أننا سوف ندرس لأفراد يجدون صعوبة فى التفكير بالكم ، أفراد قد لا تكون لديهم فكرة واضحة عما يشكل الأدلة ، أو أنهم ببساطة يجدون صعوبة فى التفكير بلغة من النماذج الفيزيائية . وينبغى أن يكون هدفنا هو أن نأخذ هؤلاء الطلبة - وليس الطلبة الذين نود أن يكونوا لدينا - وأن نجعلهم متعلمين علميا.

يختص الاقتراح الثانى بما سيحدث بعد أن نتقبل هذا التحدى، ذلك أنه يعالج الطريقة التى نحاول الانطلاق بها للوصول إلى هدفنا . ثمة انقسام شائع بين من يشتغلون بتعلم العلم ، وهو يتمثل بصورة تقريبية فى الانقسام بين أنصار "المحتوى" إزاء أنصار "المنهج" . وعند أقصى طرفين اللطيف ، نجد أن أنصار المنهج يحتاجون بأن الشئ المهم بالنسبة للطالب هو أن يفهم كيف يعمل العلم ، بينما تكون الحاجة عند الطرف الأقصى للمحتوى هى أن

أهم شئ بالنسبة للطالب هو أن يفهم ما اكتشفه العلماء عن الكون الذى نعيش فيه. ومن الواضح أن الإجابة الصحيحة عن مسألة تعلم العلم تقع فى مكان ما بين هذين الطرفين القصويين ، ولكن الأفراد كلهم يقع مكان الواحد منهم بحيث يكون أقرب لأحد طرفى الطيف عن الآخر. (ومن باب التسجيل فإن موقعى أقرب لطرف المحتوى) .

وبمعنى ما ، فقد خطط اقتراحى الثانى ، ليضاد ما أرى أنه حركة مبالغ فيها بين رجال التعليم المحدثين تتجه إلى طرف المنهج من الطيف . وهذه الحركة فى أكثر أشكالها تطرفا تعمل مباشرة ضد هدف تعلم العلم . اسمحوا لى بأن أذكر ، مع ما هنالك من مخاطرة بإقامة ناطور من القش ، أن وضع أنصار المنهج هو كالتالى: هناك شئ ما يُدعى "المنهج العلمى" ، وهناك شخص ما عندما يفهم هذا المنهج ستكون له القدرة على فهم العلم كله، بصرف النظر عن مادة الموضوع الخاصة التى تُرست لهذا الشخص . وبالتالي ، ينبغى أن يكون هدف تعليم العلم هو تدريس هذا المنهج.

يصعب على أن أفهم كيف يمكن لأى فرد أن يتمسك بموقف من الواضح أبلغ الوضوح أنه لايمكن الدفاع عنه . لو أننى حاججت بأن هناك "منهج لغوى" يتيح للمرء تعلم اللغات بحيث لا يكون من المهم ما إذا كان الطالب يدرس الفرنسية أو المقدونية، لو فعلت ذلك لما أخذنى أحد مأخذا جديا. ولكنى سأحاج بأن معرفة أحد مجالات العلم لا تعطى أى تبصر أكبر فى مجال علمى آخر ، مثلما لا تعطى الفرنسية تبصرا بالمقدونية . والحقيقة أنى أحيانا أصف خواص طريقة التناول بالمنهج بأنها مثل مدرسة فكر تقول "هيا علمهم البيولوجيا الجزيئية وسوف يستتبطنون النسبية العامة أثناء عودتهم بالحافلة إلى بيوتهم" .

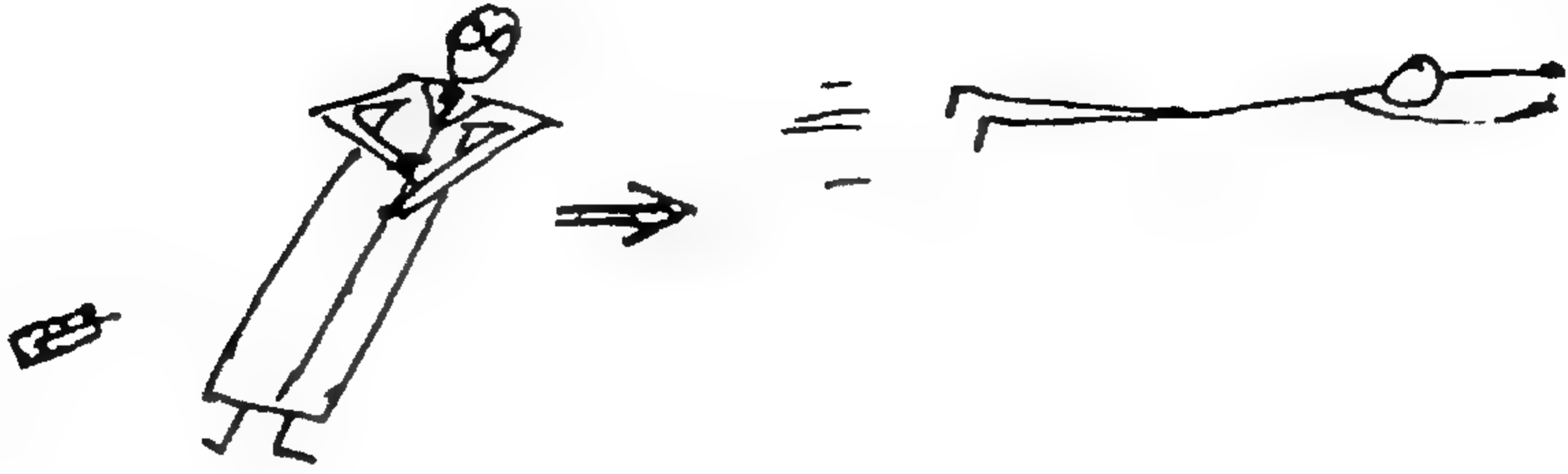
حقيقة الأمر أن المواطن حتى يصبح متعلما علميا يحتاج إلى معرفة الشئ القليل من كل مجال فى العلم . وهو يحتاج إلى معرفة القليل أيضا عن

المنهج العلمى، ولكن هذا لا يمكن أن يحل مكان معرفة الحقائق الأساسية . طالب الجامعة اليوم ، الذى يدرس زمن الساعات الثمانية القياسى المطلوب فى مجال العلم ، يستطيع بسهولة أن يتخرج من الكلية دون أن يسمع مطلقا فى أوضاع الفصل الدراسى كلمات مثل "دنا"، أو "المصدر البديل للطاقة " ، أو "الإضافات الغذائية" . وأنا أطرح أن هذا الطالب قد جُهِز تجهيزا سيئا لمواجهة ما سيكون عليه أن يتخذه من قرارات كمواطن .

وباختصار ، إذا كنا نريد للطلبة أن يعرفوا الشئ القليل من كل فرع فى العلم، فإن علينا أن "ندرس" لهم الشئ القليل من كل فرع فى العلم . ولا توجد أى وسيلة سحرية تتيح لنا أن نظل ندرس مقرراتنا المريحة الصادرة عن أقسام الكليات ونواصل رغم ذلك إعطاء طلبتنا ما يحتاجونه . لا بديل لدينا إلا أن نأخذ فى السمو على مقولات القرن التاسع عشر التى انتظمت حولها فروعنا المعرفية وأن نصبح من أنصار تعدد الفروع المعرفية بأفضل معنى لهذه الكلمة .

وقد بين لنا ليون ليدرمان بالفعل ، من خلال عمله فى أن يضم معا الكونيات الحديثة مع فيزياء الجسيمات ، أن هذه الفكرة يمكن أن تجعل ناجحة فى أوضاع الأبحاث . أفلا ينبغى أن تكون الخطوة التالية هى تنفيذها فى تدريسنا ؟

إذن ، فليدخل "العالم المواطن" الذى ،
مثله مثل السوبرمان ، يجب أن ينطلق وهو يخلع
معطف المعمل ، ويسقط مسطرتة الحاسبة وأن
يصبح مشاركا .



تدور المعركة من أجل قلوب وعقول المواطنين
فى أممنا . إنها من أجل حشد السكان بشأن هذه
المجموعة المعقدة من القضايا التى تربط
تفكيرنا وقدراتنا العلمية بالمشاكل الفيزيائية
والاجتماعية والأخلاقية التى تواجهها الحضارة
البشرية .

إن هذه الحرب حرب ضد الجهل
وأرض معاركها هى مدارس الأمة.

الجزء الرابع

إدارة العلم

مسئولية العلماء الأخلاقية (*)

هوارد جارنر

طُرِحَ في منتصف القرن التاسع عشر اقتراح جاد بإغلاق مكتب الولايات المتحدة لبراءات الاختراع لأن أى اختراع له أهمية قد تم انجازه . ونحن الآن نضحك من سذاجة هذا الاقتراح فى ضوء ما تلاه من ظهور التلغراف والتليفون والراديو والتليفزيون والطائرات وأجهزة الكمبيوتر . ومنذ سنوات قليلة ألف صحفى أمريكى اسمه جوج هورجان كتابا عنوانه "نهاية العلم" (١٩٩٦) . وقد خمن فى هذا الكتاب أن الأسئلة المهمة حول طبيعة المادة والحياة قد تمت الإجابة عنها ، وأن ما تبقى من أسئلة حول الطبيعة والعقل ليست مما يقبل إجابة علمية . بعد أن يمر قرن من الآن سيبدو اقتراح وصول العلم إلى نهايته فى تسعينيات القرن العشرين اقتراحا يساوى الاقتراح السابق فى ضحالة المعلومات .

ونحن بكل تأكيد لانستطيع التنبؤ بتفاصيل أوجه التقدم فى العلم والتكنولوجيا. منذ الذى كان يمكنه أن يتوقع فى نهاية القرن التاسع عشر اكتشافات مثل نظرية النسبية أو تكتونيات ألواح الأرض ؛ ومنذ الذى كان يمكنه أن يتوقع ميكانيكا الكم، ودلالات مبدأ عدم اليقين لها يزنبرج ، وأبحاث فيزياء الجسيمات التى أجراها ليون ليدرمان وآخرون فى "المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية ، ومعامل نيفيس ، ومعمل بروكها فن القومى ، والمعمل القومى للمعجل فيرمى؟ وإذا تحولنا من عالم الفيزياء لعالم البيولوجيا ، سنتساءل منذ الذى كان سيتمكن من التكهّن بالثورة التى حدثت فى البيولوجيا الجزيئية : طبيعة الجينات والكروموسومات ، وبنية دنا ، ناهيك عن حقيقة

(*) ظهر هذا المقال أولا فى مجلة "ديالوجز" (حوارات) يناير ١٩٩٩.

أننا نستطيع الآن استتساخ كائنات بأكملها ، وتعديل التتابع الوراثي البشري ، والتحكم إن شئنا وراثتنا ؟ والآن وقد أصبح هناك تقدم له قدره يُنفذ في علوم الأعصاب والإدراك ، فإنه يبدو مرجحا إلى درجة كبيرة أننا سنواصل إماطة النقاب عن أسرار التفكير ، وحل المسائل ، والتنبه ، والذاكرة ، ثم - أكثر الغنائم كلها مراوغة ، طبيعة الوعي .

ومن الصعب على من يكونون على صلة وثيقة بالعلم أن ينكروا مدى ما يوجد من إثارة في المشروع العلمي . هناك الكثير من القضايا والمسائل التي كان ذات يوم من نصيب الشعراء وفلاسفة الكراسي الوثيرة قد تمت بالفعل الإجابة عنها بواسطة العلماء أو أنها على الأقل أصبحت في مدى قبضتهم . وكما يُذكر أحيانا فقد صارت الأسرار الآن مسائل ، ومسائل قابلة للحل . ومع ذلك ، فمن الخطر اتخاذ وجهة نظر مفرطة في التفاؤل بالنسبة للعلم . فالعلم حقا يواصل السير . ولكن ليس هناك ما يضمن أن العلم سيسهم طبيعيا في خير الجماهير أو أنه سيكون في المستقبل قوة خيرة . وكما علق ليون ليدرمان ذات مرة (١٩٩٢) فإنه " عندما ننظر وراء إلى أيام العلم المبكرة ، نجد أنه كانت للعلم تأثيرات مدمرة في الطريقة التي يعيش بها الناس . ولست أعنى بكلمة مدمرة أنها سلبية . وإنما أعنى فحسب أنها تأثيرات درامية في الطريقة التي يعيش بها الناس ، ولكن لم يكن من المعروف وقتها أن ذلك سوف يحدث".^(١)

العلم محايد أخلاقيا . وهو يمثل أفضل محاولات أفراد البشر لتوفير إجابات يعتمد عليها عن أسئلة يهمننا أمرها: من نحن ؟ كيف وصلنا إلى أن نكون ؟ ما الذي صنّع العالم منه ؟ من أين أتى ؟ ما الذي سيحدث له ؟ ومتى ؟ (أفينبغي أن أنقش التاريخ في مفكرتي ؟) ما الذي يحدد أوجه الانتظام وعدم الانتظام في العالم ؟ ما هو نوع المخلوقات التي تسأل هذه

الأسئلة ؟ هل يكون نوعا من مخلوق أخلاقى أولا أخلاقى أو بلا حس أخلاقى ؟

ولكن ماذا يحدث عند الإجابة عن هذه الأسئلة ؟ أحيانا تكون الإجابات ببساطة مما يشبع الفضول البشرى - وهذا هدف مهم جدا . إلا أنه فى أحوال أخرى تؤدي هذه الإجابات إلى أفعال ملموسة - بعضها ملهم ، وبعضها مفزع . أدت معادلة أينشتاين الطاقة = الكتلة \times مربع السرعة ($E=mc^2$) إلى إثارة نتائج كثيرة (تمت بما لا يمكن أنكاره بطريق غير مباشر). تراوحت هذه النتائج ابتداء من استخدام الطاقة النووية لتوفير القوى للمدن وكذلك تفجير أجهزة نووية على حساب حياة الآلاف فى هيروشيما وناجازاكي ثم وصولا إلى نشر التلوث الذى تبع كارثة تشيرنوبل. وقد حدث بعد اكتشاف المضادات الحيوية أن شهدنا انبثاق أدوية رائعة تستطيع التغلب على أمراض مروعة كما شهدنا أيضا انبثاق كيانات سامة جديدة ثبت أن لها مناعة ضد تأثير العلاج بالمضادات الحيوية .

ومرة أخرى ، فإن العلم نفسه لا يستطيع أن يقرر أى الاستخدامات سيتبعها ، وأيها التى لن يتبعها . فهذه قرارات يتخذها أفراد البشر ، وهم يتصرفون بناء على أى مما تكونه القدرات الرسمية وغير الرسمية المتاحة لهم . ويعطى أينشتاين مثلا جيدا لهذه النقطة . من المشكوك فيه أنه كان يفكر فى تطبيقات النظرية الذرية عندما كان يطور أفكاره حول الخواص الأساسية للمادة والطاقة . وعندما اتصل به فى أواخر ثلاثينيات القرن العشرين عالم الفيزياء ليو زيلارد الذى كان له صبغة سياسية ، كان قد أصبح واضحا بالفعل وقتها أن الطاقة النووية يمكن السيطرة عليها لانتاج أسلحة قوية جدا . ووافق أينشتاين على أن يوقع على خطاب موجه للرئيس فرانكلين روزفلت ، وأدى هذا التصرف بدوره إلى انطلاق مشروع مانهاتن وبناء أول أسلحة ذرية . بعد نهاية الحرب العالمية الثانية وفى أعقاب تفجير الأجهزة النووية

على اليابان ، أصبح أينشتاين زعيما فى حركة الاتجاه للسلام ونزع السلاح فى النهاية .

حاج العلماء فى الماضى بأن مهمتهم هى أن يضيفوا إلى المعرفة والفهم البشريين الدائمين ، وليس أن يصدروا قرارات حول السياسة والفعل . ولكن ما هى إذن القوى التى منعت الاستخدام العشوائى للتكنولوجيا ، وإساءة استخدامها أو استغلالها بصراحة استغلال ضارا - تلك التكنولوجيا التى تشكل ثمار التقدم العلمى؟ ماذا كان دور الزعماء العلميين - افراد مثل ليون ليدرمان ، الذين أصبحت إنجازاتهم العلمية جزءا من التاريخ ، ولكنهم اختاروا معالجة قضايا اجتماعية واسعة ؟

فى وسعنا أن نعيّن ثلاثة عوامل أفادت تقليديا كتقيد على اساءة تطبيق العلم. أول كل شئ ، ظلت هناك القيم الموجودة فى المجتمع ، وخاصة القيم الدينية . يستطيع الانسان من حيث المبدأ أن يجرى تجارب يُعرض فيها المساجين لمواد سامة معينة. ولكن الدين يعظنا بأن كل حياة بشرية لها حرمة. وهناك قوة توازن أخرى وهى القانون. فنجد مثلا فى دول كثيرة أن هناك حماية للمسجونين ضد الأشكال غير المعتادة من المعاملة أو العقاب . وثالثا فإن هناك حس بدافع داخلى ، أو بمعايير أخلاقية عند المهنيين . فى وسع العالم ان يتخذ موقفا بأن الإسهام فى المعرفة ينبغى ألا يكون محميا على حساب رفاه الانسان أو الحيوان ؛ بل والحقيقة أن بعض العلماء قد رفضوا استخدام الاكتشافات التى تمت بواسطة النازيين نتيجة لتجارب لا أخلاقية. أو أن مديرا للسجن قد يرفض أيضا السماح بإشراك مساجينه فى هذه الدراسات، حتى وإن كانت هناك ضغوط عليه لفعل ذلك .

مازال كل من هذه العوامل فعالا ، إلا أنه يبدو بكل أسف أن كلا منها قد قلت قوته حاليا . وفى هذا الزمن من التغير السريع ، أصبحت القيم هشة وربما بدت القيم الدينية غير متمشية مع الزمن . أما القوانين فتظل باقية

مادام لم يتم إسقاطها، ولكن الأحداث كثيرا ما تتغير سريعا بحيث لا يستطيع القانون أن يجاريها - ولننظر بليلة الكونجرس فى الولايات المتحدة فى محاولاته للتعامل مع قضايا مثل الاستتساخ وأبحاث خلايا الجذع . وفى هذا العصر حيث انتصر نموذج السوق فى كل أنحاء المجتمع تقريبا ، كثيرا ما يكون من الصعب تماما على المهنيين كأفراد أن يتمسكوا بمعايير دافعهم الداخلى . ومنذ ما يقرب من خمسة عشر عام تأمر الأطباء فى فرنسا ليبيعوا دما يعرفون أنه ملوث بفيروس الإيدز ، ومن المحتمل أن الحس بالدافع الداخلى لديهم لم يكن قويا بما يكفى للنضال ضد الاحتياجات المالية والمجتمعية للدم.

نحن نواجه مازقا . فمن أحد الجانبين ، نجد أن العلم والابتكار تجرى أمورهما سريعا ، فيفتحان دائما جبهات جديدة . ومن الجانب الآخر ، نجد أنه يبدو أن القيود التقليدية ضد التجريب الوحشى أو سوء الاستخدام قد ضعفت . أفيجب أن نترك الأحداث للصدفة ، أم أن هناك طريقة لمتابعة أداء العلم على نحو مسئول ؟

ها هنا تدخل المسئوليات الاخلاقية للعالم . وأنا أقول بالرأى بأنه يجب صياغة ميثاق جديد بين العلماء والمجتمع . فالمجتمع يجعل من الممكن للعلماء أن يواصلوا أبحاثهم - وذلك بأن يمول العلم وبأن يعاون أيضا فى إنجازه . وأنا أقر بأن العلماء ، فى مقابل ذلك يجب أن يأخذوا على عاتقهم مهمة إضافية : فيجب عليهم أن يتخلوا عن تلك الدعوى التى كانت مبررة ذات يوم والتى تزعم أنهم غير مسئولين عن التطبيقات، وإنما يجب أن يبذلوا جهدا صادقا للتأكد من أن ثمار العلم يتم تطبيقها بحكمة وليس بحماقة ولعلمهم يفعلون ذلك بطريقتين أساسيتين : (١) بالتركيز على ما يحتمل من تطبيق أو سوء تطبيق لأبحاثهم الخاصة ، و (٢) بالتركيز على العلاقة بين تطبيق العلم وبين المجتمع الكبير الذى يتخذ العلم موقعه فيه .

اسمحوا لى بأن أطرح مثلا من أبحاثى الخاصة بى كعالم نفس فى الإدراك. أنشأت منذ ما يقرب من عشرين سنة نظرية عن الذكاء أسميتها نظرية الذكاوات المتعددة (جاردنر ١٩٨٣). وفى حين كنت أعتقد أن هذه النظرية ستكون لها أهميتها أساسا عند علماء النفس الآخرين ، اكتشفت سريعا أن هناك اهتماما بها له قدره عند رجال التعليم فى كل أنحاء العالم . أخذ رجال التعليم يستخدمون تطبيقات للنظرية من كل نوع . وقد حيرنى هذا الاهتمام كما أشبع كبريائى . ولكنى مثل معظم العلماء أحسست ببعض تورط شخصى فى هذه التطبيقات . والحقيقة أننى لو سُئلت بهذا الشأن لأجبت بأننى "قد قمت بإنشاء هذه الأفكار وأنا أمل أن تكون صحيحة . ولكنى لست مسئولا عن الطريقة التى تطبق بها - فهذه (ميمات)^(١) قد انطلقت فى العالم ويجب أن تتابع مصيرها الخاص بها " .

تلقيت رسالة بعد ذلك بما يقرب من عشرة أعوام ارسلها زميل فى استراليا . وقال فيها ، " تُستخدم أفكارك عن الذكاوات المتعددة فى استراليا إلا أنك لن تحب الطريقة التى تستخدم بها " . طلبت منه أن يرسل لى المواد الخاصة بذلك وقد فعل . كان زميلى مصيبا كل الصواب . وكلما قرأت المزيد من هذه المواد ، قل ما أحببتها . وكان دليل الجريمة الحى هو صفحة ورق رصت فيها قائمة لكل جماعة إثنية وعرقية فى استراليا ، ومعها قائمة واضحة للذكاوات يُزعم فيها وجود مجموعات معينة قوية ومعها قائمة ذكاوات أخرى تصحبها يزعم فيها وجود مجموعات ضعيفة .

كانت هذه القوالب النمطية تمثل تحريفا كاملا لما أومن به شخصيا . وإذا لم أتكلم أنا فمن الذى سيفعل ذلك ؟ ومن الذى يتبغى أن يفعل ذلك ؟ .

^(١) الميمات Memes ، هى بالنسبة للمجتمع مثل الجينات للأفراد ، تنتقل ثقافة المجتمع من جيل لآخر . (المترجم)

وبالتالى ، فقد ظهرت فى التلفزيون فى استراليا وانتقدت ذلك البرنامج بأنه 'علم زائف' . وكان فى هذا النقد ، هو وغيره ، ما يكفى لأن ينتج عنه إلغاء المشروع .

لست أعد نفسى مثالا أخلاقيا . لم يكن من الصعب أن أظهر فى عرض تليفزيونى ببلد بعيد كل البعد ، ولم أكن أودى بحثا فى البيوتكنولوجيا أو علم الصواريخ. ومع ذلك فإن 'التحرك' الذى أديته هو فى اعتقادى الخاص تحرك حاسم. وبدلا من أن أنظر إلى "التطبيقات" على أنها مهمة شخص آخر ، توصلت إلى أن أدرك أن لدى مسئولية عن التأكد من أن أفكارى تستخدم على نحو بنائى بقدر الإمكان. والحقيقة أنى منذ ذلك الوقت قد كرست بعض طاقتى فى دعم ما أوافق عليه من الأبحاث التعليمية على الذكاوات المتعددة ، وفى أن أنتقد أو أبتعد بنفسى عن الأبحاث التى تكون لها استخدامات لا شرعية أو يصعب تبريرها . كما أنى بقدر ما يمكنى ، أخذت أعمل فى اصلاح التعليم على نحو أوسع - والحقيقة أننى فى هذا السياق كان لى كعالم اجتماع شرف أول لقاء بليون ليدرمان عالم الفيزياء الفائز بجائزة نوبل .

كيف يستطيع المرء أن يبدأ فى صياغة ميثاق جديد بين العلماء والمجتمع الأكبر ؟ فى رأى أن المازق الحالى يستدعى مجهودات أكبر يبذلها كل طرف ليوضح احتياجاته وتوقعاته . يجب على العلماء أن يكونوا راغبين على نحو مستمر فى أن يعلموا الجمهور بشأن طبيعة العلم وما يلزم لأداء أبحاث علمية طيبة . وللعلماء الحق فى مقاومة أوجه سوء الفهم الحمقاء للمشروع الخاص بهم وأن يناضلوا من أجل أن يتابعوا المعرفة بلا رقابة . ويجب على العلماء فى نفس الوقت أن يكونوا راغبين فى الاستماع بعناية لتحفظات غير العلميين بالنسبة لأعمالهم وأن يتوقعوا ما يحتمل من سوء

تطبيق للأبحاث ، وأن يبينوا بقوة أين يتقنون فيما يتعلق بهذه التحفظات ، والاستخدامات ، وسوء التطبيقات .

وفي الأحوال العادية ينبغي ألا يسد العلماء ولا الجمهور العام طريق البحث. ومع افتراض أنهم لا يلحقون ضررا بالآخرين ، يجب أن يكون للعلماء الحق في متابعة ما يوجد من أسئلة وفضول إلى حيث يقودان . علي أنه يحدث أحيانا أن يرغب العلماء في النظر في أمر عدم القيام بدراسات معينة ، حتى وإن كانوا هم شخصيا لهم فضولهم فيما يتعلق بالنتائج . وفي حالة مجالى العلمى الخاص بى ، فأنا نفسى لا أغفر لأى أبحاث أن تدور حول الفروق العرقية فى الذكاء لأنى أعتقد أن نتائج هذه الدراسات من المرجح أن تكون مثيرة للفتن . وبعض علماء البيولوجيا ينفرون أقصى النفور من العمل فى تجارب على هندسة أفراد البشر وراثيا أو استساخهم ، وليس هذا لوجود نقص فيما لديهم من فضول حول النتائج وإنما الأخرى أن بعض تضمينات هذه الأبحاث يمكن أن تكون مثيرة جدا للمتاعب - كأن تؤدي مثلا إلى مشاكل نفسية أو طبية خطيرة فى الأفراد موضع هذه التجارب.

وإذا آمنا بأن دعواى هذه لها جدارتها - وإذا آمنا بأن العلماء ينبغي أن يزدادوا تعمقا فى انغماسهم فى الاعتبار الأخلاقية - كيف يمكن اذن للعلماء ان يتصرفوا بناء على هذا الإيمان ؟ هذا هو السؤال الذى ظلت أتأمله مع زميلين قريبين إلى هما ميهالى سيكرز ينتميهالباى بجامعة شيكاغو وويليام دامون بجامعة ستانفورد . نحن نحاول أن نفهم كيف يتعامل مهنيون مبرزون - أفراد يمارسون "ابحاثا عن أحدث ما فى العلم" - كيف يتعاملون مع الاغراءات والضغط المختلفة فى مجالهم . واصلنا أن نلاحظ ونجرى لقاءات مع علماء ومهنيين فى مجالات أخرى مثل الصحافة والمسرح والأعمال الخيرية . أردنا أن نعرف كيف يبدو موقف عملهم حاليا بالنسبة لهم

كأفراد "فى داخل الخنادق" ؛ وأردنا أن نعيّن الأفراد والمؤسسات التى نجحت فى صنع تجانس بين البحث الابتكارى والاحساس بالمسئولية تجاه دلالات وتطبيقها هذا البحث جاردنر ، وسيكزينتميهالى ، ودامون (٢٠٠١) .

وفى حين أن من المبكر جدا تسجيل نتائج هذا البحث بأى تفاصيل ، إلا أنى أستطيع أن أذكر بضع نتائج مؤقتة والطريقة التى نضع بها حاليا تصورا للقضية . وبداية فإن المهنيين ليسوا بالسذج فيما يتعلق بموقفهم . فهم على وعى بما عليهم من ضغوط هائلة وبهيمنة نموذج السوق مع منعطف الألفية . وهم يريدون أن يكونوا شخصيات أخلاقية فى حياتهم المهنية وحياتهم الخاصة ويدركون أن هناك ضغوطا تجعل من الصعب عليهم أن يفعلوا دائما "الشئ الصواب" ويتجنبوا عبور خطوط الخطر.

على أن هناك فوارق واضحة يمكن أن نلاحظ بها مدى نجاح هؤلاء الأفراد المبتكرون فى الحفاظ على حس أخلاقى . وليس مما يثير الدهشة أن الوجود المبكر للتدريب والقيم أمران مهمان ، وهذا يتضمن الانتماء الدينى بمعانى كثيرة . وهناك عامل تكوينى يساوى ذلك فى أهميته وهو أن تتاح الفرصة للعمل فى معمل لعالم له أخلاقياته ، أو أن يوجد زملاء آخرين وثيقى الصلة ولهم قيم مؤثرة . ونحن نتحدث هنا عن الدعم الرأسى - فرصة العمل مع "باحث طيب" أرقى مرتبة - والدعم الأفقى - فرصة ان يحاط المرء بأقران يناضلون هم أيضا لتنفيذ عمل طيب.

ما ان يبدأ المرء مستقبله المهنى على نحو جاد ، حتى يجد ، ان كان مبدعا، ان هناك عاملين يساعده . العامل الأول هو الحس القوى بوجود مبادئ داخلية - خطوط لايتجاوزها المرء ، مهما كان ما يحدث . وإذا كان العالم يقول - ويؤمن - بأنه لن يضع اسمه أبدا على ورقة بحث علمية إلا إذا راجع كل البيانات بنفسه، فإن هذا يؤدى واقعا إلى التخلص من أى احتمال بأنه سيكون شريكا فى تسجيل بيانات فيها خداع . والعامل الثانى هو

إدراك أنه ليس هناك حاجة لتقبل إحدى المهن بالطريقة التي توجد بها الآن ؛ فالمرء كإنسان فاعل يستطيع أن يعمل على تغيير ذلك المجال . ولنفرض مثلا ، أنه قد أصبح من الممارسات الروتينية عند طلب المنح ، أن يقترح رئيس المعمل بحثا قد تم في الحقيقة تنفيذه بالفعل . يستطيع العالم من الآن فصاعدا ألا يفعل ذلك وأن يعمل مع زملائه على تغيير الإجراءات في هذا المجال . والحقيقة أنه إذا أدخلت في الإجراءات عملية يحدث فيها أن يقدم رؤساء البحث طلبات للدعم بأن يصفوا الأبحاث التي قد تم تنفيذها ، بدلا من طلب دعم لأبحاث قد يتم تنفيذها في المستقبل ، فإن إدخال ذلك سوف يمثل تغييرا له أهميته في الممارسات المعتادة في أحد المجالات .

يمكن جمع أمثلة مشابهة فيما يتعلق بتطبيقات أبحاث العلماء . ويستطيع المرء مثلا أن يقرر أن كل أبحاثه ستكون متاحة للكل ، وبالتالي يرفض تسجيل براءة اختراع لأي نتائج . وهاهنا يتغلب المبدأ الداخلي على الرغبة في الاستفادة الشخصية . أو أن المرء يستطيع أن يخطو في اتجاه نشر العلم بحيث توضع مصالح الجمهور في الحسبان . واحدى طرائق أداء ذلك هي أن يشكل كل معمل تطوعيا لجنة استشارية ، تتألف من أفراد على معرفة ومن مجالات ومعامل أخرى . وهذه المجموعة الاستشارية سوف تتور نفسها بالمعلومات بشأن عمل المعمل ، وتنتقده عندما يكون ذلك ملائما ، وتطرح اقتراحات عن استخدامات النتائج التي يكون فيها نفع عام واما يحتمل من استخدامات ضارة.

ومن الأمور الهامة لمتابعة الأبحاث الطبية وجود أفراد يجسدون البحث الطيب في مجال معين . ونحن نسمى هؤلاء الأفراد "أمناء" لأنهم يكرسون جهودا لها أهميتها من أجل الحفاظ على هذا المجال ، ليس من أجل مكاسب شخصية ، وإنما الأخرى أن ذلك يكون بأفضل وأنزه معنى لهذا المصطلح . لست أستطيع أن أتحدث بمعرفة عن اسهامات ليون ليدرمان في

فيزياء الجسيمات ولكنى أستطيع أن أجزم بعطائه الكريم لتعليم الشباب الأمريكى فى مجال العلم . ولا يوجد فى السنوات الأخيرة إلا قلة من أى من علماء القمة قد كرست مثل هذه العناية الوافرة بالطرائق التى يتعلم بها الأمريكيون العلم . وقد فعل ليون ليدرمان ذلك بطريقة مؤسسية - بأن أعاد وضع تصور للمنهج الدراسى للعلم فى المدرسة الثانوية وبأن لعب دورا مفيدا فى إنشاء معاهد قادة ، مثل أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلوم فى أورورا وأكاديمية المدرسين للرياضيات والعلوم فى شيكاغو . وهو قد أجاد أداء ذلك أيضا على نحو شخصى ، فأنفق ساعات لا حصر لها وهو يعمل مباشرة مع أفراد صغار السن - سواء من كان منهم فى أوضاع غير مواتية أو فى أوضاع من التميز - فأدخلهم مباشرة لما يوجد من إثارة ومتع عند الإسهام بنشاط فى المشروع العلمى . وليون ليدرمان بهذه الطرائق وبغيرها هو النموذج الأصلى لفرد من "الأمناء" ، فهو مثال يُعطى عن "الباحث الطيب" . الذى يسهم مباشرة مع الأفراد وفى المؤسسات ويلهم الآخرين أن يفعلوا ذلك أيضا .

وفى النهاية ، فإنى أرى أن كل فرد لديه مجموعة من أربع مسئوليات. أولها مسئولية تجاه نفسه - تجاه ما يخصه من أهداف واحتياجات - الأتانية وغير الأتانية معا . والمسئولية الثانية هى تجاه من يوجدن حوله - أسرة المرء وأصدقائه ورفقته اليومية . والمسئولية الثالثة هى تجاه دافعه الداخلى - المبادئ التى تنظم مهنة المرء - وهى فى هذه الحالة ، ما الذى يعنيه أن يكون المرء عالم بحث . والمسئولية الرابعة هى تجاه العالم الأوسع - تجاه أفراد لا يعرفهم المرء ، وتجاه أمن وحرية الكوكب ، وتجاه أولئك الذين سوف يرثون العالم فى المستقبل . وليون ليدرمان عندما كرس نفسه لتعليم الأفراد صغار السن ، قد جسد بذلك عبارة هنرى آدمز الشهيرة : "يصل تأثير المدرس إلى ما هو خالد ، إنه لا يستطيع قط أن يعرف أين يتوقف تأثيره".

ويجب علينا كلنا ، سواء من كان منا حكيما أو عالما أو محاميا أو غير متخصص ، أن نجد طريقنا بين هذه المسؤوليات القوية التي تتنافس معا أحيانا؛ وسوف يساعدنا في ذلك الدين ، والأخلاقيات ، والأصدقاء ، والزملاء، ولكننا في النهاية يجب أن نتوصل بأنفسنا إلى التوازن . فلا يمكن أن تُفوض المسؤولية الشخصية لشخص آخر . هناك التزام خاص على من تكون لهم ميزة خاصة بأن يوجهوا العلم، وهو أن يترووا في التفكير بشأن هذه المسؤوليات المتنافسة . وعندما يصل العلماء ذات يوم إلى إحكام قبضتهم على طبيعة المادة ، ومصادر الطاقة ، وبنية الحياة ، ووسائل تشكيل وتغيير الحياة، ستكون هذه المسؤوليات رهيبية . أصبح من الضروري أن يوجد وعي أعظم كثيرا بشأن هذا الموقف ، إذا كان علينا أن نورث لسلالتنا عالما جديرا بسكانه.(٢)

الهوامش

١ - هذا استشهاد من لقاء أجراه ليون ليدرمان في مؤتمر " اتخاذ طريق من خلال دنا" في جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو ١٩٩٢ . وهناك نسخة جزئية متاحة عند :

<http://www.accessexcellence.com/AB/CC/lederman.html>.

٢ - دُعم إعداد هذه الورقة للبحث دعما جزئيا بواسطة مؤسسة جونسون انديفور، ومؤسسة لويس وكلود روزنبرج الصغير ، ومؤسسة ج. ايبشتين .

المراجع

Gadner, H. Frames of Mind. The Theory of Multiple Intelligences. New York: Basic Books, 1983/1993.

Gardner, H., M. Csikszentmihaly, and W. Damon. Good Work: When Excellence and Ethics Meet. New York: Basic Books, 2001.

Horgan, J. The End of Science. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1996.

المسئولية العلمية

والتر .إ. ماستى

لدى العلماء فى المجتمع الحديث أنواع مختلفة من المسئوليات تتبع من أدوارهم المتعددة كعلماء ، وكمواطنين من الجمهور فى عالم يتزايد اتصافاً بالكوكبية، وكأعضاء فى جماعاتهم المحلية . والمسئولية الاساسية عند العلماء هى الحفاظ على صحة وحيوية العلم نفسه ، وأن يعملوا على تقدم الاكتشافات ونشر المعرفة، والتيقن من أن المشروع العلمى سيواصل التقدم .

يقوم آخرون من أفراد ومؤسسات بأدوار مهمة أيضا فى هذا الجهد : كدعم الحكومة للأبحاث والتعليم ، وتقدير الجمهور غير المتخصص للعلم والعلماء، وجهود وسائل الإعلام فى الدعاية للأنباء العلمية ونشرها . إلا أن لب المسئولية التى لا غنى عنها لصحة وتقدم العلم يقع أساسا على العلماء أنفسهم . وقد يبدو هذا هدفا ضيق المدى لخدمة الذات . إلا أنى أحاج بأنه حتى يصل العلماء إلى هذا الهدف فإنهم يجب أن يشاركوا بأنشطة أخرى مفيدة للمجتمع ككل .

هناك بوجه خاص أربعة جهود وأنشطة مهمة ينبغى أن يشارك بها العلماء ويدعمونها حتى يتم الحفاظ على صحة وحيوية العلم .

وأولها أنه يجب العمل على جذب وتشجيع ألمع العقول حتى تساهم فى العلم، وهذا يعنى أيضا جذب أفراد من كل الخلفيات الثقافية والإثنية .

وثانيا ، من المهم لنا كجماعة علمية أن نساهم فى بذل الجهود لتعزيز جودة تعليم العلم لكل الناس ، فنساعد بذلك على تأسيس جماهير أكثر تعلما للعلم .

وثالثا ، يجب أن نصمم على أن الجماعة العلمية وهي تقود البحث ،
والتدريس ، والانتشار ، تتمسك بأرفع مستويات الأمانة والسلوك الأخلاقي .

ورابعا ، نحن في حاجة إلى التيقن ، بافضل ما نستطيع ، من أن
المعرفة العلمية تُستخدم لفائدة البشرية وليس للإضرار بها .

استخدام المعرفة لفائدة البشر

هذه النقطة الرابعة ، إذا لم تكن خلافية ، ستكون على الأقل مثيرة
للتقاش بدرجة كبيرة . إلا أنها أصبحت الآن مهمة ربما بدرجة أكبر من أى
وقت سبق مطلقا . وقد استمر النقاش تاريخيا حول درجة ما يستطيعه العلماء
من محاولة للتحكم فى مخرجات أبحاثهم . على أنى اعتقد أن هناك الآن
تناقص فى عدد العلماء الذين يتمسكون بالمبدأ القائل بأن دور العلم الوحيد هو
فى اكتشاف المعرفة وتقديمها وأن "على المجتمع أن يحدد الاستخدامات التى
ستستعمل فيها نتائج العلم" .

يدور النقاش حاليا حول قضايا مثل الاستتساخ ، واستخدام خلايا
الجذع فى الأبحاث ، واستخدامات أنواع الطاقة المختلفة ، بما فى ذلك الطاقة
النووية ، والأساس العلمى للتغير فى المناخ الكوكبى ، وهذه كله قضايا يتوقع
الجمهور وصانعى السياسات أن تساعدكم جماعة العلماء فى التوصل إلى
إصدار قرارات مسئولة بشأنها . ومهما يبدو الأمر صعبا ، سيكون على
الجماعة العلمية أن تأخذ على عاتقها مسئولية جماهيرية متزايدة فى محاولتها
تخفيف الجوانب الضارة فى الاكتشافات والاتجازات الجديدة وتعظيم ما لها
من فوائد للمجتمع . والجمهور لن يتوقع ما هو أقل من ذلك .

الجماعة العلمية تحتاج لمعايير رفيعة من الأمانة والسلوك الأخلاقي

النقطة الثالثة عندى ، هى حاجة الجماعة العلمية إلى أن تكون أخلاقية على نحو جلى ، وهذه نقطة ليست خلافية ، إلا أنه توجد مع ذلك حاجة إلى التأكيد عليها دائما داخل الجماعة وبالنسبة للجمهور غير المتخصص . وهذه قضية يتواصل الانشغال بها لأن هناك أمثلة ، لعلها قليلة، حيث لم يتمسك بعض الأفراد بالمعايير المتفق عليها عند الجماعة العلمية . والقضايا التى تتناول سوء السلوك فى العلم (بما فى ذلك الانتحال) ، وتعديل نتائج التجارب العلمية ، ومظاهر تضارب المصالح ، كلها قضايا قد لقيت دعاية واسعة الانتشار .

ناقش جوزيف روتبلات خبراته أثناء انشاء انشاء أسلحة ذرية/نووية فى مقال له نُشر فى مجلة "ساينس" (العلم) عنوانه "تحمل المسؤولية" (روتبلات ٢٠٠٠)، وسرد شعوره المتنامى بالقلق بشأن الاستخدامات التى ستستعمل فيها هذه الأسلحة . وكانت خبراته فى ذلك مماثلة لخبرات علماء آخرين كثيرين ممن شاركوا فى مشروع مانهاتن . يقول روتبلات ،

يتزايد ما ينتابنى من قلق حول دور العلم والتكنولوجيا فى كل من الحياة اليومية وكذلك فى مصير البشرية . يتهدد الخطر مستقبل الحضارة وصميم وجود النوع البشرى ، سواء كان ذلك مباشرة من خلال إنشاء قدرات عسكرية جديدة أو بطريقة غير مباشرة من خلال التوزيع غير المتساوى لفوائد التكنولوجيات الجديدة . يجب على العلماء أن يتحملوا المسؤولية عن هذا الخطر وأن يتخذوا الخطوات من أجل إزالته . "يجب أن تصبح الاعتبارات الأخلاقية جزءا من روح

الجماعة فى العلماء" . (روتبلات ٢٠٠٠ ؛ الأقواس من عندى)

يضع الجمهور غير المتخصص العلماء فى مرتبة رفيعة جدا .
تجرى المؤسسة القومية للعلم (اللجنة القومية للعلم ٢٠٠٠) مسوحا كل
عامين ، يحدث فيها على نحو ثابت أن نجد أن مرتبة العلماء هى بين أكثر
مجموعة يثور الإعجاب بها - بما يعلو كثيرا على مرتبة الساسة . يتأسس
إعجاب الجمهور بالعلماء ورغبته فى دعم العلم ، ليس فقط على اعتقاده بأن
العلم سيفيد المجتمع ولكن ذلك يتأسس أيضا على أنه يمكن الوثوق فى أمانة
العلماء فى إجراء وتسجيل البحوث .

عندما يعلن عن نتائج الأبحاث علماء من الواضح أن عندهم تضارب
فى المصالح (كأن يكون هناك تضارب بين الشركات الداعمة لمجال أبحاثهم
أو تضارب مصالح فى ملكية الشركات التى تتحو للاستفادة من أبحاثهم) ،
فإن هذا الإعلان للنتائج يلقي شكاً متزايداً ، أو يلقى ما هو أسوأ من الشك ، من
وسائل الاعلام ، وبين ممثلى الحكومة ، ومن الجمهور . وقد أصبحت هذه
المشكلة حالياً أكبر بأى حال من كل ما سبق وذلك بسبب زيادة توثيق
العلاقات بين الصناعة والجامعة والتسويق التجارى السريع للعلم . وقد حدث
خلال العقدين الأخيرين نمو اقتصادى سريع فى اقتصاد الولايات المتحدة
قادته فى الكثير منه التطورات التكنولوجية التى عززتها قدرة العلماء على أن
يسهموا اسهاماً أكبر فى التسويق التجارى لأبحاثهم ، ابتداء من القيام بدور
الحضانات فى حرم الجامعات ثم القيام بإنشاء شركات تدير عجلتها أبحاث
الجامعة ووصولاً إلى المشاريع المشتركة بين الجامعات والمعامل القومية
والصناعة . وقد جعل هذا كله من الولايات المتحدة دولة قائدة من حيث نقل
استثماراتها فى البحث من المعامل إلى ساحة السوق . إلا أن هذه البيئة
الجديدة تتطلب من الجماعة العلمية أن تكون أكثر تيقظاً من أى وقت مضى

فيما يتعلق بالتمسك بأكثر المعايير صرامة في السلوك الأخلاقي ، وأن يكون ذلك بطرائق واضحة ومقنعة للجمهور .

ويساوى ذلك أهمية ، إن لم يكن أهم ، أن المشروع العلمى نفسه لا يمكن ان يقوم بوظيفته دون أساس أخلاقى قوى . فقيادة العلم وتقدم المعرفة أمران مبنيان على الافتراض الأساسى بأن الابحاث يتم اجراؤها وتسجيلها بأمانة ، بكل ما فيها من أوجه عيب وعدم يقين ، وأن هناك التزاما يسود الجماعة بأننا نلتمس الحقيقة بأفضل ما يمكننا فهمها ، وذلك بصرف النظر عما يترتب على ذلك من نتائج .

كتب جاكوب برونوسكى فى كتاب عنوانه "العلم والقيم البشرية (برونوسكى ١٩٦٥) ، ليقول " الحقيقة هى الدافع الموجود فى المركز من العلم . يجب أن يتصف العلم باعتياده للحقيقة ، ليس بواسطة الدوجما ، وإنما بواسطة العملية العلمية" - ومعنى ذلك ان الحقيقة يجب على نحو لا يمكن تجنبه أن تصبح منسوجة فى الصميم من قماشة العلم . والتمسك بهذا القانون وتمريره إلى الطلبة ، يعد إحدى أهم مسئوليات العلماء .

من اللازم أن يشارك

العلماء فى تعليم العلم

النقطة الثانية المهمة عندى تتعلق بمسئولية العلماء فى المساعدة على تعزيز جودة تعليم العلم ، بما يؤمل معه بالتالى إرساء تكوين جماهير أكثر تعلما من الناحية العلمية ، وهذه النقطة بدورها ليست خلافية ولكنها أيضا تستحق تأكيدا مستمرا . وجود جمهور متعلم علميا أمر مفيد فى تقدم العلم وفى أنه يساعد على التيقن من أن تكون نتائج العلم نافعة للمجتمع . وبدون وجود لتعليم علمى جيد ينتشر إلى كل أجزاء الجماهير ، سيكون من الصعب جدا التوصل ولو حتى إلى مستوى معتدل من تعلم العلم .

وأنا اعنى بتعلم العلم امتلاك المعرفة الأساسية بمبادئ وحقائق العلم وفهم أولى للعملية العلمية . يتبين من المسوح التى تجريها المؤسسة القومية للعلم كل سنتين على الفهم الجماهيرى للعلم أن هناك تشابها مذهلا لما تبدو عليه هذه المشكلة ، ابتداء من الولايات المتحدة ووصولاً إلى أوروبا واليابان . ونجد فى كل هذه المجتمعات، فيما عدا فروق بسيطة ، أن المستوى العام لمعرفة أساسيات العلم غير واف بدرجة يرثى لها . وتقع على العلماء مسئولية المساعدة فى تناول هذه المشكلة وذلك بسبب أهميتها للمجتمع ككل (ذلك أنه وقد أخذ العلم والتكنولوجيا يتخللان العالم على نحو متزايد، فإن المواطنين فى كل الدول سيحتاجون إلى أن يحوزوا بعض الإدراك والفهم الأساسيين للتكنولوجيا) وكذلك أيضا لأن معالجة هذه القضية أمر مهم لصحة المشروع العلمى.

يطالب الأفراد والجماعات المنظمة مطالبة متزايدة بأن يسهموا فى اتخاذ القرارات العلمية والتقنية فى قضايا مثل مايلزم استخدامه من الأشكال الملائمة من الطاقة ، وتغير المناخ الكوكبى ، واستخدام خلايا الجذع فى الأبحاث ، وما إلى ذلك . وعندما يكون هؤلاء الأفراد والجماعات متعلمين من الوجهة العلمية والتقنية فإن مساهمتهم يمكن أن تكون أمرا صحيحا للمجتمع . وإذا لم يكونوا كذلك ، فإنه يمكن أن تنشأ مشاكل خطيرة بالنسبة للمجتمع والعلم . فتعلم العلم أمر مهم .

عندما يكون الجمهور متعلما ومتتورا بالمعلومات علميا سوف يستطيع أن يقدر على نحو أفضل تعقد القضايا العلمية والتكنولوجية ، وسوف يقل احتمال أن يكون الجمهور ضحية للديماغوجية السياسية ، ويرجح احتمال اسهام الجمهور فى العملية المدنية والسياسية حيث تشابك القضايا العلمية وقضايا السياسة الجماهيرية . وبالإضافة ، سنجد أن الجمهور المتتور علميا يؤمن أكبر كثيرا من الجمهور العام بأن "نتائج البحث العلمى تفيد البشرية

أكثر مما تضرها" (اللجنة القومية للعلم ٢٠٠٠). وأخيرا فإن الجمهور المتعلم علميا يكون من الأرجح أنه سيعطى صوته فى صالح البرامج والسياسات (أى التمويل ، الخ) التى تدعم العلم وتؤدى إلى تقدمه . فهذا القطاع من الجمهور يدعم التمويل العام للأبحاث العلمية أكثر من الجماهير غير المتتورة (اللجنة القومية للعلم ٢٠٠٠) .

ما الذى يمكن لنا أن نتوقعه على نحو معقول من جمهور متعلم علميا بالنسبة لما يعرفه ولما يكون قادرا على فعله ؟ حسب معايير البسيطة أتوقع أن جمهورا كهذا سيكون جمهورا متشككا ، متسائلا وفضوليا . سيكون هدف تعلم العلم هو على الأقل أن نخفض إلى أدنى حد من نفوذ الديماغوجيين والدجالين ، وأن نقلل من "سرعة التصديق بسذاجة" . كتب الرياضى والفيلسوف و. ك. كليفورد فى كتاب "العلم والقيم البشرية" (برونوسكى ١٩٦٥). فقال ، " لا يقتصر الخطر على المجتمع على أنه سوف يؤمن بأشياء خطأ ، وإن كان فى هذا خطر عظيم بما يكفى ؛ إلا أن الخطر أيضا هو أن يصبح المجتمع سريع التصديق بسذاجة " - بمعنى أنه سيصدق تقريبا أى شئ.

ومن المهم فى هذا الاعتبار أن يتحمل العلماء مسئولية العمل على تفسير العلم للجمهور بلغة ومصطلحات يستطيع الجمهور فهمها . (وآمل هنا أن يعذرني القارئ إذ أقدم له فكاهاة من نوع فكاهاات ليون ليدرمان . طُلب من أحد العلماء فى محاضرة له للجمهور العام أن يتفضل بتفسير نتائج بلغة غير المتخصصين ، فقال " أخشى أنى لا أعرف شيئا من لغة غير المتخصصين" .)

من اللازم أن يجذب العلم جمهورا متنوعا

اسمحوا لى أخيرا بأن أتناول نقطتى الأولى وهى أن صحة العلم وحيويته يعتمدان على جذب الصميم من أفضل عقول الناس من كل

الخلفيات، والثقافات ، والجماعات الإثنية والعرقية . فالعلم على نحو متأصل جهد من التعدد الثقافى . ولا يقتصر وجود القدرة العلمية ، والاهتمام العلمى ، والعبقريّة على جماعات معينة عرقية أو إثنية أو ثقافية . وإنما تبيين الأدلة التاريخية أن الإنجازات العلمية هي والإسهامات ذات القيمة قد أداها أفراد من مدى بالغ الاتساع من حيث تنوع الخلفيات الثقافية والإثنية. وكمثل ، نجد أن جوائز نوبل فى الفيزياء قد مُنحت خلال السنوات الثلاثين الأخيرة لعلماء لهم تراث فرنسى ، وبابائى ، ودانمركى ، وروسى ، وباكستانى ، وهندى ، وإيطالى ، وألمانى وسويسرى ، وصينى ، وهولندى ، وبريطانى ، "وأمرىكى" ، وهذا يشمل عمليا كل أصول الأمم . وسنجد هذا النمط نفسه فى المجالات العلمية الأخرى.

وبالإضافة فإن العلم ، على الأقل فى الولايات المتحدة ، لا يجذب عددا كافيا من طلبة الدراسات العليا بالولايات المتحدة . وحتى نحافظ على مستوى الاسهام العلمى اللازم لصحة وحيوية المشروع العلمى ، سيكون علينا ، على الأقل فى الولايات المتحدة ، أن نمد اليد لجلب أفراد لهذا المجال من الجماعات التى سبق أن أبخس تمثيلها فى بلدنا .

ربما يوجد حتى سبب أهم لعملية الإدماج ، وهو أن العلم يزداد ثراء بأن يكون فيه أفراد من خلفيات مختلفة ثقافيا وإثنيا لأنهم يجلبون للمشروع العلمى وجهات نظر مختلفة . كما أنهم أيضا قد يبصرون الظواهر الفيزيائية من خلال عدسات مختلفة، وبالتالي يثرون ويوسعون من الطريقة التى نفسر بها الكون الفيزيقي ونفهمه .

يمدنا البروفيسور ريتشارد نيسبت بجامعة ميتشيجان ببعض أدلة على أن الأفراد الذين ينتمون لثقافات مختلفة يحدث بالفعل أن يروا الظواهر الفيزيائية ويفهمونها ويفسرونها بطريقة مختلفة . أجرى البروفيسور نيسبت وزملاؤه أبحاثا مستفيضة عن الطريقة التى يصل بها أفراد لهم تراث مختلف

ثقافيا وإثنيا إلى إنشاء واستخدام 'عمليات إدراكية' - كيف يفكرون فى المشاكل ويتخبرون الأدلة ويصلون إلى الاستنتاجات . يطرح نيسبت قدرا كبيرا من الأدلة على أن " ثمة عمليات إدراكية مختلفة تماما تستحضرها الجماعات المختلفة [عند] تعاملها مع المشكلة نفسها" (ريتشارد نيسبت ، اتصال شخصى ، جارى إعداد المخطوطة).

يعمل البروفيسور جيرالد هولتون الفيزيائى والمؤرخ العلمى فى جامعة هارفارد ، وهو لا يؤيد الرأى بأن الأفراد من الثقافات المختلفة يبصرون الكون "من خلال عدسات مختلفة" ، ولكنه يؤيد بقوة أن يتم بنشاط إدماج أفراد من كل الجماعات فى المشروع العلمى . وقد كتب لى فى اتصال شخصى ليقول ، "يكاد [يكون] مما لا يمكن تجنبه أننا قد نستحوذ على تبصر جديد أو غير معتاد فى فهم الكون من الأفراد الذين تكون لديهم خبرات مختلفة بالحياة ويأتون من ثقافات مختلفة ، وذلك ببساطة لأنه كلما اتسع مستودع الأفراد المدربين جيدا والذين يجهدون فى العمل ، زاد احتمال التبصرات الجديدة وغير المعتادة . وبهذا المعنى ، فإن استبعاد العلماء المحتملين "لهو جريمة ضد نفس روح الجماعة فى العلم" (جيرالد هولتون ، اتصال شخصى ؛ الأقواس من عندى) .

كذلك أيضا فإن دمج أفراد من خلفيات متباينة ومختلفة قد يخفف من الاستخدامات الضارة للعلم . سنجد أن الأضرار التى تترتب على تطبيق الأبحاث العلمية تكون من الوجهة العملية دائما غير مقصودة وغير متوقعة ، على الأقل بالنسبة للجماعة العلمية (وذلك بإستثناء أبحاث الأسلحة) . فهذه التطبيقات كثيرا ما تكون نتيجة عدم الاحساس ، أو الجهل، أو غلظة القلب تجاه من يتأثر بها من أقوام. ويمكن للمرء أن يحاج بأن هذه النتائج الضارة يمكن التخفيف منها لو كان العلماء من الثقافات والمجموعات والمناطق التى تتأثر بهذه الأبحاث يشكلون جزءا من جهود هذه الأبحاث والتطبيقات . وعلى

الأقل فإنه يبدو من المعقول أن مخاطر ما لا يتوقع من نتائج ستكون أقل عندما يتم هذا الاندماج على نطاق واسع .

والخلاصة إذن ، أننا نجد بين المسؤوليات الكثيرة للعلماء أن أقصاها أهمية هو الحفاظ على صحة وحيوية المشروع العلمى وتعزيزها . يعتمد الوصول إلى هذا الهدف على الدرجة التى يؤدى بها العلماء أربعة أمور على الأقل : (١) أن يجذبوا للعلم أفضل وألمع الأفراد من كل الثقافات والجماعات العرقية والإثنية، (٢) وأن يسهموا فى تحسين جودة تعليم العلم وفى تعزيز تعلم العلم ، (٣) والإصرار على اتباع سلوك واضح أخلاقى فى إجراء العلم، (٤) والتيقن بأحسن ما يمكن من أن نتائج العلم تفيد البشرية بدلا من أن تضر بها. (١)

وعيد ميلاد سعيد ، أى ليون !

هامش

١ - تأسس هذا المقال على ورقة بحث أقيمت فى ندوة "عن العلم والتكنولوجيا والمجتمع فى القرن الحادى والعشرين" ، سانتاندر ، أسبانيا ، سبتمبر ٢٠٠٠.

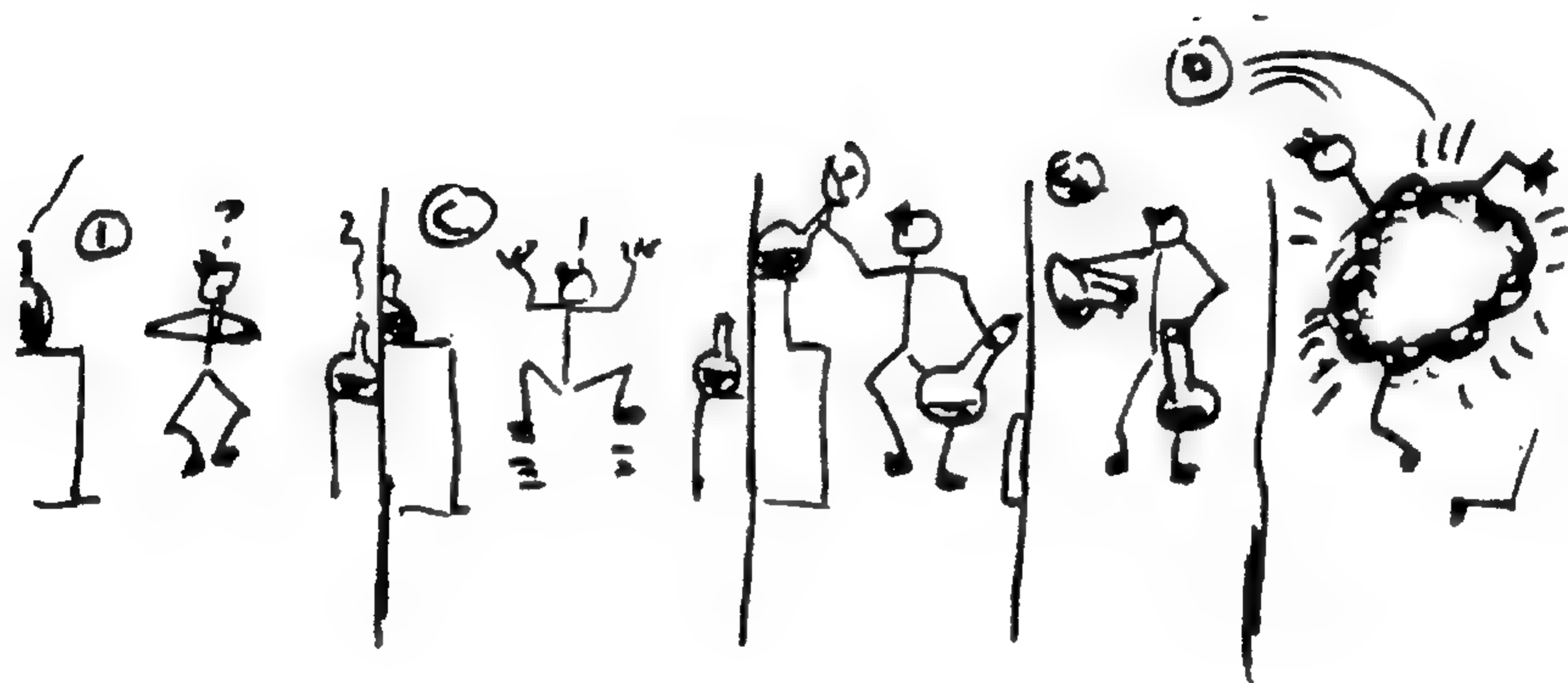
المراجع

Bronowski, Jacob. Science and Human Values. Rev. ed. New York: Harper and Row Publishers, 1965.

National Science Board. Science and Engineering Indicators. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 2000.

Rotblat, Joseph. "Taking Responsibility." Science 289 (2000):729.

فى ١٦٠٠ ، كتب فرانسيس بيكون عن أهمية تفهم الناس العاديين لتقدم العلم.
وقال عن ذلك فى ١٦٠٠ أن "هذا سيكون مفيدا" ، وفى ٢٠٠٠ ، فى قرن
يتفجر فعلا بالتكنولوجيا المؤسسة على العلم أعتقد أن هذا ضرورى ضرورة
مطلقة ليبقى المجتمع الديمقراطى حيا !



الجزء الخامس

ما بعد المدارس

فك غموض العلم

فى السياسة الجماهيرية

تعلم العلم

وخيارات المجتمع^(*)

"البحث هو فضول أضفى له شكل.

إنه تنقيب وتفحص لهما هدف".

زورا نيل هيرستون،

فى كتاب "مسار الغبار فوق طريق"، ١٩٤٢

ماى سى . جميسون

الولايات المتحدة أثرى دولة فى تاريخ العالم ، ونحن حاليا نعيش بالذات فى أكثر العهود ثراء . وعلى الرغم من أنه ينبغي دائما على كل المجتمعات ان تكون واعية لما تشكله من تراث تاريخى ، إلا أننا فى لحظات كهذه ، ونحن كدولة على درجة خارقة من الثراء المادى ومتحررين نسبيا من الحرب والحاجة الاقتصادية، سنجد أنها أكثر اللحظات ملائمة لإنجاز أفعال تكون ذات أهمية دائمة للجنس البشرى.

يصطبغ تقييم التاريخ للمجتمعات الماضية حسب انجازاتها فى العلم والهندسة ومدى ما حسنته من حال البشرية . والمجتمعات التى لم تضيف إلى الفهم الأساسى عند البشر يكون الحديث عنها أقل كثيرا. وهكذا فإن ما سبق من انجازات الولايات المتحدة فى الأبحاث الأساسية العلمية والهندسية لهى مصدر رئيسى للفخر القومى، بما يماثل أوجه تقدمنا فى الحرية السياسية ، والقوة الصناعية والعسكرية، والرفاه المادى. إلا أنه ظهرت فى العقد الأخير نزعة تثير القلق تنحو إلى إهمال عائد المستقبل من أجل مكاسب على المدى القصير .

وهذه النزعة إلى التماس الإجابات والمكاسب العاجلة تكون أخطر ما يكون فيما يتعلق بتعليم المجتمع . خاصة مع ما يحدث من فشلنا فى أن نضمن على المدى الطويل تعليم العلم لأطفالنا ، وللجمهور العام ، ولقاداتنا .

^(*) هذا المقال مستقى من ورقة بيضاء عن "رؤية للمستقبل" بمعنى تعليم العلم والهندسة

فى المستقبل، وقد نشر المقال بواسطة معهد جميسون - كلية دارتماوث .

أهمية الأبحاث العلمية والهندسية

حدث خلال كل التاريخ أن تشكل التقدم البشرى ، ودفع أماما ، أو أعيق حسب فهمنا للعالم من حولنا وتطبيق معرفتنا هذه لخلق أدوات لإتجاز أهداف المجتمع ، سواء تعينت هذه الأهداف أو لم تتعين . وابتداء من أول نجاح لنا فى إشعال النار بطريقة مضمونة حتى إرساء نظم جعلت بأشكال ومعايير لمقايضة وتجارة البضائع والخدمات (النقود والضرائب والمؤسسات المالية) ؛ وابتداء مما كان لنا من مفاهيم عن أن الأمراض تؤثر فى انسياب الطاقة فى الجسد ووضع اللبخ على الجروح حتى وصلنا إلى استخدام التصوير بالرنين المغناطيسى لدراسة "تفكير" المخ ؛ وابتداء من شحذ الصخور إلى رمح مسنون حتى الوصول إلى تثبيت وضع الجزيئات المفردة لخلق المحركات ، إبتداء ووصولاً لكل هذا سنجد المرة بعد الأخرى أن ما يعين على نحو له معناه المجتمع الانسانى وتأثير البشر فى هذا العالم هو معرفتنا وفهمنا للعالم من حولنا وتطبيق هذا الفهم .

حدث خلال القرن الماضى ، وعبر عشرات الآلاف من الأعوام فى مسار التاريخ البشرى ، أن زادت بطريقة درامية قدراتنا على التأثير إيجابيا وسلبيا فى صميم وجودنا كنوع فوق هذا الكوكب. وحدث فى آخر أربعين سنة لاغير أن زاد بسرعة مذهلة تسبب الدوار معدل اكتسابنا للمعرفة وما ترتب عليه من تطبيقات لإنشاء الآلات . كما حدث المثل فيما يتعلق بقدرتنا على التأثير سلبا أو إيجابا فى حياة كل فرد فوق هذا الكوكب .

ولكن ما هو بالضبط التقدم العلمى والهندسى ؟ ليس من السهل أن نعرف مفاهيم العلم والتقدم العلمى . وكثيرا ما يحدث للصحفيين ، والجمهور العام ، بل وحتى الكثير من العلماء ، أن يغفلوا حقيقة أن مصطلح ما هو "علمى" يعنى معانى مختلفة فى الأوقات المختلفة والسياقات المختلفة

وطريقة تعريف العلم هي دائما عملية اجتماعية في جزء منها . كذلك فإن فهم عملية التقدم العلمى له بدوره تأثير خطير ليس فحسب فى العلماء وإنما فى المجتمع ككل .

عَرَفَ فرانسيس بيكون التقدم العلمى بأنه التخلص من أخطاء الماضى المتراكمة ، أو "أوثنان العقل" .

يحاول البحث العلمى مساعدتنا على فهم الكون من حولنا ، وتأثير تفاعلاتنا معه . ويتطلب المنهج العلمى الحديث بصفة عامة أن تكون المعلومات التى تضاف إلى قاعدة معرفتنا المتفق عليها معلومات يمكن ملاحظتها على نحو مستقل بواسطة أكثر من شخص واحد ، وأنها عند توافر نفس مجموعة الظروف تكون مما يمكن تكراره بثبات . بعد تحليل هذه الملاحظات ينطلق العلماء إلى إنشاء توصيفات (فروض) عن العالم يمكن لها أن تنتج بما ينتج عن أحد الأحداث (النتيجة) وكيف يحدث ذلك (السبب) . وبالتالي فإن التقدم يحدث فى نوبات ويبدأ عند صنع ملاحظات جديدة ، وإنشاء أدوات جديدة لاختبار النظريات ، واكتساب تبصرات جديدة .

واليوم ، ومع أن فهم العلم أمر خطير بالنسبة لآلاف القرارات التى تتخذ على كل مستويات المجتمع ، إلا أنه لا يوجد نسييا إلا قلة من الأمريكيين تستوعب بالكامل فكرة المنهج العلمى . ومن الشائع الخلط بين اختبار الفروض اختبارا فعالا - وهذا جزء من افضل تقاليد العلم الحديث - وبين اللايقين العلمى ، أو من الشائع الاعتقاد بأن إحدى النظريات تظل "بلا برهان" طالما أنه يمكن العثور على بعض علماء لا يتفقون معا .

هكذا نجد فى المناقشات السياسية أو الاقتصادية ، وعند النظر فى أمر سياسة البيئة أو الطاقة أو نظم الدفاع الصاروخى ، أن كل واحد من الجانبين يعمل نمطيا على حشد العلماء لدعم حججه . هل يستطيع

الأمريكيون أن يرشّحوا العلم ليخلصوه من الإحتياز السياسى والفوائد الشخصية المالية ؟

لعل مستقبلنا كدولة ومجتمع يعتمد - أكثر مما ندرك - على فهمنا للمنهج العلمى كمسار مرن ، ورهيف ، يتطور باستمرار .

الكثير مما اكتسبناه من معرفة فى الولايات المتحدة خلال نصف القرن الأخير قد تم الحصول عليه باستخدام التمويل بمال عام تخصصه الحكومة للمشروعات والجامعات ، والباحثين ، والشركات ، والأفراد . أدى التمويل العام للأبحاث فى أساسيات العلم والهندسة بالولايات المتحدة إلى وضع التصور ، والتصميم ، والتنفيذ الابتدائى لشبكة الأنترنت ؛ وإنشاء وإطلاق الأقمار الصناعية للاتصالات والطقس ؛ كما أدى من خلال البيوتكنولوجيا إلى تيسير إتاحة الإنسولين البشرى لمعالجة السكرى والاريتروبولين لاستئثاره نمو الخلايا الحمراء فى حالات الأنيميا الشديدة. وهذه الفوائد، وإن كانت قد أتت فحسب مؤخرا ، هى نتيجة مباشرة وغير مباشرة للأبحاث الأساسية التى مولها الجمهور منذ عشرين إلى ثلاثين سنة .

جعلت صناديق المال العام هذه الأبحاث متاحة - سواء كان ذلك على المستوى الفيدرالى أو مستوى الولاية أو المدينة أو المستوى المحلى ، كما أنها جعلت متاحة بواسطة الأرباح الصناعية ، وقد جمعت هذه الأموال ليس فقط من الشركات والأعمال المالية ، وإنما جمعت أيضا من رجال ونساء يعملون يوميا فى كل المهام التى تجعل المجتمع يستمر فى دورانه - مدرسو المدارس الثانوية ، والمحامون ، والأطباء ، والمعماريون ، ومساعدات الممرضات ، وسائقو التاكسى ، وقائدو الطيارات ، وعمال مناجم الفحم ، ولاعبو البيسبول ، وأساتذة الإنجليزية ، وجامعوا القمامة ، والموسيقيون ، والعاملون بالتجميل ، وغاسلو الأطباق ، وشرطة المرور ، وغيرهم كثيرون.

قد لا يدرك دائما هؤلاء الأفراد من أعضاء مجتمعنا ككل الدور الحيوى الذى تلعبه الأبحاث الأساسية للعلم والهندسة فى حياتهم. إلا أن الأفراد الذين يخصصون الأموال العامة للأبحاث ، وكذلك أولئك الذين يتلقونها ، تقع عليهم المسؤولية الخطيرة لإدارة ذلك أخلاقيا لصالح المجتمع . بمعنى أن قواد أبحاث العلم والهندسة هى وسياستها عليهم بقدر الإمكان التيقن من أن هذه الأموال العامة تعمل على بناء أساس يساعد المجتمع على الوصول إلى إمكاناته الكامنة وتدعم قدرة المجتمع على اختيار أفضل المسارات .

كتب دونالدستوكس "يجرى البحث بصنع الخيارات" ^(١) على أن الباحثين أنفسهم لا يصدرن كل هذه القرارات ، ولاحتى أغلبها .

لايجرى البحث إلا بدعم من المجتمع الأكبر . وإذا كان للعلماء حرية أن يتابع الواحد منهم مصالحه وأهواءه الخاصة به ، فإن السبب فى هذا هو فحسب وجود حشد من الوكالات والكيانات - أقسام الجامعات ، ولجان تثبيت هيئة التدريس ، وتشريعات الكونجرس ، والاتحادات التنفيذية ، وقوى السوق، والبيروقراطية الحكومية ، واستراتيجيو الدفاع ، ومجالس المدن ، ومجالس المدارس، ولجان التخطيط فى الولاية - وكلها تتبنى بصمت هذه المصالح وتوفر الوسائل لاستمرارها . وكثيرا ما يحدث أن هذه القوى، حتى بدون إدراك لما تفعل، تقوم بدفع وحث ومداينة إجراء الابحاث العلمية والهندسية فى هذا الاتجاه أو الآخر .

يعرف كل هذا بالحدس أولئك الأفراد من بيننا الذين يعتبرون أنفسهم باحثين ، ولكن حتى هؤلاء ليسوا ممن يفكرون دائما من خلال هذه التضمينات والأسئلة. هل ستقوم "اليد الخفية" عند آدم سميث بدور المرشد للهندسة الوراثية بنفس الكفاءة التى يفترض بها أنها ترشد الاقتصاد الأكبر ؟ هل جُهِز "ممثلو الشعب" تجهيزا يهيئهم لتقييم أهمية نظرية الأوتار فى

الفيزياء ؟ هل تستطيع مجالس المدارس المحلية أن تفرض حقائق البيولوجيا الحديثة ؟ هل تتوافق المبادئ الديمقراطية مع إجراء أبحاث حرة بلا عائق في طبيعة الكون ؟ كيف يؤثر البحث العلمى فى التقدم التكنولوجى ، وبأى طريقة يفيد التقدم التكنولوجى المجتمع ؟

وأخيرا ، هل يمكن الاجابة عن الأسئلة التى فى صالح المجتمع ، أوحتى أن تطرح ، قبل أن يكون العلم والبحث التكنولوجى قد انتقلا إلى وضع جديد يتجاوزها؟ لن يحدث أى من هذا إلا إذا ضمن مجتمعنا الانتشار الواسع الشامل لتعلم العلم .

الثغرات والعقبات التعليمية

يُعد التعلم الشامل للعلم فى هذا القرن أحد مطالب ديمقراطية الاسهام المشترك الحققة . وتعلم العلم لا يعنى ولا يتطلب ، القدرة على حل المعادلات الخطية أو سرد تركيب النيوكليوتيدات فى دنا ، أو شرح نظريات الاحتراق . و الأخرى أنه يعنى مستوى الخط القاعدى من المعرفة والمهارات الذى يتيح لخريج المدرسة الثانويه أن يقرأ صحيفة يومية بما فيها من معلومات عن العناية بالصحة ، وعن البيئة ، وأجهزة الكمبيوتر الجديدة ، وأن يفهم ما يعنيه ذلك بالنسبة له نفسه ولأسرته ومجتمعه. وليس هذا بالتوقع غير المعقول فى ٢٠٠٢ ، ولكنه مازال غير مستوفى حاليا فى الولايات المتحدة .

ماهو المنظر العام الحالى وما هى العقبات فى التوصل إلى انجاز تعلم العلم؟

يحصل طلبة المدارس الابتدائية والثانوية بصورة دائمة على درجات أقل من المتوسط الدولى للبلاد المصنعة . ويهبط عدد طلبة الولايات المتحدة الذين يلتحقون بفصول وبرامج التعليم العالى للعلم والهندسة . وينحرف الميزان فى تغطية إعلام الولايات المتحدة للظواهر المتعلقة بالعلم

والتكنولوجيا وأوجه تقدمهما ليسيطر عليه الإتجاه إلى الكوارث والعلم الزائف والظواهرات النفسية الثانوية (الدوائر المرسومة فى حقول المحاصيل ، والأطباق الطائرة والأسباح، وما إلى ذلك) ونادرا ما يتعامل الإعلام مع معلومات من العلم الأساسى بأى تفاصيل .

"يُظهر نظام التعليم العام بأمريكا ضعفا فى العلم والرياضيات على مستوى المدرسة الثانوية " . وقد تم النشر على نطاق واسع عن وجود ثغرة فى المعرفة العلمية والرياضية بين طلبة الولايات المتحدة وأقرانهم فى الاقتصاديات المنافسة ، ولكن الأمر يستحق أن نكرر قوله ثانية هنا . على الرغم من أن الاحصاءات تظهر بعض التحسن منذ سبعينيات القرن العشرين، وأن الطلبة الأصغر سنا تصل درجاتهم إلى ما يعلو عن المعايير الدولية ، إلا أن طلبة الولايات المتحدة فى السنة النهائية للتعليم الثانوى تكون درجاتهم أقل بما له قدره عن المتوسط الدولى فى تقييمات العلم العام والرياضيات . أما ما يثير قلقا أكثر ، فهو أداء طلبة المستوى العلمى الرفيع فى الصف الثانى عشر فى منتصف تسعينيات القرن العشرين ، فقد كان أقل من مستوى ستة عشر قطرا فى التقييمات القياسية للفيزياء وأقل فى المستوى الرفيع للرياضيات من أحد عشر قطرا بين ستة عشر بلدا. (٢) وتبين الدراسات على نحو مستمر أن الكثيرين من طلبة الولايات المتحدة تُدرس لهم الرياضيات والعلم على يد مدرسين لم يحصلوا على درجات علمية فى هذه المواضيع . وهناك الكثيرين من مدرسى المدارس الابتدائية لم يلتحقوا مطلقا بأى فصل دراسى للعلم على مستوى الكليات .

تطرح هذه البيانات أنه بحلول الوقت الذى يتخرج فيه الشباب الأمريكى من المدرسة الثانوية ، تكون الأغلبية العظمى منهم ضائعة بالفعل بالنسبة لاتخاذها مستقبل مهنى فى العلم والهندسة . ونجد أيضا أنه على مستوى الكليات قد انحدرت منذ السبعينيات الفكرة بضرورة أن يكون هناك

تأسيس متين للعلم كضرورة للتعليم الجيد الصقل . وأصبح مما يتزايد وجوده أنه حتى المقررات التمهيدية للعلم لطلبة الجامعة تقتصر على أن تكون مجال الدراسة فقط لمن يدرسون العلم كمادة رئيسية .

ينخفض الآن التحاق طلبة الولايات المتحدة "ببرامج العلم والهندسة" . أصبحت المجموعات الاجتماعية التي كانت تاريخيا توفر اصحاب الموهبة للعلم والهندسة الأمريكيين ، لا تبقى بعد بالطلب . وكان علم وهندسة الولايات المتحدة فيما بعد الحرب العالمية الثانية يعدان ناديا يتألف أعضاؤه من ذكور بيض ولدوا محليا وممن ينتمون للطبقة المتوسطة كما يتألف من عدد أصغر من الذكور من مهاجري غرب أوروبا . وعلى الرغم من أنه قد حدث في العقود الأخيرة زيادة في عدد الطلبة الذين يلتحقون ببرامج الحصول على الدكتوراه في العلم والهندسة في الجامعات الأمريكية ، إلا أن أغلبية الزيادة يمكن إرجاعها إلى من يلتحقون بهذه البرامج من الطلبة الأجانب . ونجد أنه من بين الطلبة الأجانب الذين يتلقون دكتوراه الفلسفة في العلم والهندسة هناك فقط ٥٣ في المائة منهم يبقوا موظفين في الولايات المتحدة بعد خمس سنين من تخرجهم.^(٣)

حدثت زيادة هائلة في الفرص المتاحة للنساء والأقليات بالنسبة للعلم والهندسة الأمريكيين وذلك منذ سبعينيات القرن العشرين. وتعد الولايات المتحدة من البلاد الرائدة في العالم فيما يتعلق بنسبة درجات العلم والهندسة التي تتأهلها النساء (بحلول ١٩٩٦ كان النساء قد نلن ٤٦ في المائة من الدرجات العلمية في العلوم الرياضية و ٤٧ في المائة من الدرجات في العلوم الطبيعية)^(٤) إلا أن الكيان الأمريكي للعلم والهندسة قد بدأ الآن فحسب يقر بهذه التغييرات .

وكما يستنتج احد المعلقين ، فإنه بدخول النساء والأفراد الملونين في مهن العلم والهندسة سيصبح التغيير هو سنة النظام حاليا. "سيكون من اللازم

أن يحدث تغيير مواكب فى مجالات كثيرة، بما فى ذلك مفاهيم المعرفة وأوليات البحث ، والعلاقات العائلية ، والمواقف بالنسبة للمدارس وما قبل المدارس ، وبنى الجامعات ، والممارسات فى حجرات الدراسة ، والعلاقة بين الحياة المنزلية والمهنة ، والعلاقة بين ثقافتنا وثقافة الآخرين .^(٥)

يجب أن يكون تناول مشكلة التعليم العالى مصاحبا لتناول التعليم الابتدائى والثانوى . وتبدأ عملية التعليم قبل بدء التدريب العلمى الرسمى المهنى المؤسسة . هناك حاجة إلى تغييرات فى المناهج الأساسية للتعليم . على أنه يجب تنفيذ تحسينات أساسية على نطاق الأمة فى جودة التدريس والمناهج المدرسية فى العلم والرياضيات.

"ثمة ثغرات فى القوى العاملة تهدد قيادة الولايات المتحدة لمحاولات التكنولوجيا الرفيعة وقيادتها للصناعة" . تتألف القوى العاملة هنا ليس فحسب من المهندسين والعلماء وإنما أيضا من الفنيين، وأفراد خطوط التجميع ، ومطوري الإنتاج . وانخفاض عدد من يلتحقون بالبرامج العلمية والهندسية هو والفشل فى تربية مواطنين متعلمين علميا أمور لايمكن أن يكون فيها ما يدعم إقامة اقتصاد فى الولايات المتحدة يتأسس على المعرفة على نحو يتزايد أبدا.

تؤثر حالة تعليم العلم والهندسة فى الولايات المتحدة تأثيرا هائلا فى القدرة التنافسية للدولة ، وفى تنامى اقتصادها ، وفى حيوتها عموما . ونحن لو تجاهلنا دلالات ما يجرى الآن قوميا من نزعات فى تعلم العلم والهندسة فإن هذا يعنى أننا نتجاهل خطرا داهما يهدد الأمة ككل .

"يبدو فى الولايات المتحدة أن هناك أيضا (ثغرة فى تعليم العلم) تتصف بأنها أكثر خفاء - ويمكن تسميتها بأنها [تجاهل العلم فى الحياة اليومية]" . وعلى الرغم من حقيقة أن الأمريكين يفخرون بتاريخهم وتقدمهم

العلمى والتكنولوجى ، وعلى الرغم من تزايد التأكيد على التكنولوجيا والتقدم المستمر فى تجديد التعليم التكنولوجى، إلا أنه يبدو أن الأمريكيين غير واعين إلى حد كبير بالعلم الذى يوجد فى الأساس من مجتمعهم ، وحياتهم المهنية ، وحياتهم المنزلية ، ناهيك عن تأثيرات العلم فى السياسات القومية والنشاط الاقتصادى . ويحدث فى وعى الجمهور الأمريكى بالعلم والهندسة تضارب مباشر مع ما للعلم والهندسة من أهمية فى حياة الأمريكيين وأسلوب حياتهم .

تطرح الاستطلاعات القومية ان نصف أفراد الجمهور الأمريكى ، أو ما يقل عن النصف ، هم فقط الذين يفهمون الحقائق والمفاهيم العلمية الرئيسية ، مثل فهم أن الالكترونات أصغر من الذرات ، وأن المضادات الحيوية لا تقتل الفيروسات ، وأن أشعة الليزر لا تعمل بتركيز الموجات الصوتية ، وأن الأرض تستغرق سنة واحدة لتدور حول الشمس - وهذا على الرغم حتى من أن هذه المفاهيم تقع فى الأساس من أنشطة الحياة اليومية الطبيعية فى مجتمعنا . وحتى وقت قريب يصل إلى أواخر تسعينيات القرن العشرين لم يستطع إلا ١٦ فى المائة فقط من الأمريكيين أن يعرفوا ما تكونه الانترنت .^(٦)

بل ان التفحص السريع لوسائل الإعلام يبين حتى أن الاثارة والعلم الزائف تسود فوق أى اهتمام جدى بالبحث والنقاش العلمى حول القضايا الخطيرة المتعلقة بالعلم . تكتب فى الصحف الأمريكية أعمدة يومية عن التتجيم ، أما تغطية أوجه التقدم فى علم الفلك فتكتب غالباً فى الصفحات الخلفية من الملاحق الأسبوعية حتى وإن كانت تغطية فى "الصحف اليومية ذات السجل".

ينال معظم الأمريكيين الأخبار عن العلم العام والعلم الخاص معا عن طريق التلفزيون إلا ان الكثير من التغطيات "العلمية" فى شبكات التلفزيون الأمريكية تُكرس فى الواقع للمنازل المسكونة بالأسباح ، والإدراك بغير

الحواس ، والجريمة ، والاختطاف الذى يقوم به مخلوقات من خارج الأرض، والدوائر المرسومة فى حقول المحاصيل ، والأطباق الطائرة . وعلى الرغم من أن هناك أحيانا علماء حقيقيين يظهرون فى هذا البرامج ، إلا أن تلك الشبكات التى يُزعم أنها علمية نادرا ما يحدث أن تُخضع هذه الحكايات للاستدلال العلمى الفعال - أو حتى للمعايير الصحفية الصارمة ، وذلك باستثناء حالات علم الطب الشرعى .

تتبع " مركز بيو لأبحاث الناس والصحافة " مسار " الحكايات الجديدة التى توبعت أقصى متابعة دقيقة فى الولايات المتحدة " وكان فيها " على الأقل بعض علاقة بالعلم والطب" . ووجد أن الحكايات العشر الأكثر متابعة منذ ثمانينيات القرن العشرين تشمل تسع حكايات تتضمن كوارث من صنع الانسان أو الطبيعة (انفجار المكوك "تشالنجر" ، وإعصار أندرو ، وكارثة تشيرنوبل ، وزلازل كاليفورنيا، وأحداث مماثلة) . كما وجد أنه من بين الخمس عشرة دراسة التى راجت أكثر من غيرها تختص عشرة منها بتأثيرات الطقس.(٧)

ومما يدعو للنقاش أن هناك مواضيع أكثر أهمية كان لها مرتبة أقل كثيرا فى قائمة بيو لأروج تسع وثلاثين حكاية علمية ، ومن ذلك : "النقاش حول سياسة الولايات المتحدة المتعلقة بالاحتراز الكوكبى"(٣٥) ، أو "اكتشاف أدلة علمية عن بدايات الكون" (٣٦) ، و"استنساخ العلماء للفئران فى هاواى"(٣٩) .

ويغيب غيابا كاملا عن قائمة بيو التى تحوى ٦٨٩ من الحكايات التى توبعت متابعة دقيقة ، أى حكاية تتضمن أوجه التقدم فى علم الكمبيوتر (بما فى ذلك الإنترنت) ، وأو تأثير العلم فى التكنولوجيا واقتصاد الولايات المتحدة، أو تطور الانسان ، أو الدراسة العلمية لتأثيرات المخدرات ، أو

الأنواع التى يتهددها الخطر، أو الرياضيات ، أو المحاصيل المعدلة وراثيا ، أو دراسة سلوك الانسان.^(٨)

على الرغم من أن الأمريكيين يحترمون العلم احتراما رفيعا، ومن أن أربعة من بين كل خمسة أمريكيين يوافقون على أن تشجيع ألمع الشباب على الدخول فى مهن علمية أمر ينبغى أن يكون على رأس أوليات الأمة^(٩)، إلا أن التصور الشعبى عن العلم والعلماء ، وأولئك الذين يعملون بالتكنولوجيا يرسم لهم صورة مختلفة تماما. فاتخاذ مهنة علمية أمر يُحَس بأنه صعب ، وغامض ، وغير مجز ماليا . والبحث العلمى يُجعل بحيث يبدو وكأنه أمر يقتصر على جماعة ضئيلة من أفراد شواذ نوعا وغير اجتماعيين على نحو ما . ويُحكم على الفهم الحقيقى للعلم بأنه أمر لا علاقة له بالحياة اليومية فى حين يروج لدراسة الظواهر النفسية الثانوية مثل الأطباق الطائرة، ورؤى الوسطاء الروحانيين ، والأرواح الشريرة ، ترويجا لا يكل بواسطة وسائل الاعلام القومية ، أو المحلية ، أو فى المنطقة .

ولاشك أن هذا الجهل بالعلم والتكنولوجيا بين الناضجين يُترجم إلى نقص فى الاهتمام عند ممثليهم المنتخبين فى واشنطن - وهؤلاء يُعدون بعضا من اهم رعاة العلم فى أمريكا . وهذا بدوره يعيّن المخاطر التى تواجه مستقبل أمريكا العلمى والتكنولوجى ، وإن كان يطرح أيضا وجود فرص لتجديد التعليم والتغيير .

حملة لتعلم العلم

ما الذى يمكن أن نفعله ؟ يجب إنشاء حملة فيدرالية لتعلم العلم . وينبغى أن تكون هذه الحملة بحيث لا يقتصر توجيهها على العمل فى تحسين تعليم العلم فى المدارس، وإنما تُوجه أيضا إلى العمل على أن يفهم الجمهور وبعى أهمية الدعم العلمى والتكنولوجى وكيف يجرى تنفيذه . وينبغى أن يمتد

ذلك ليصل إلى كل الحلقات في المجتمع الأمريكي ويجعلنا جميعا واعين بمسئوليتنا الجماعية في التيقن من أن التقدم البشرى سوف يستفيد من الاستثمارات الحكومية في أبحاث العلم والهندسة . ومما يدعو للنقاش أن هذه الحملة ، التي تماثل الحرب على المخدرات ، سينتج عنها فوائد أعظم ، كما أن أهميتها من أجل التوصل للأمن القومى والكوكبى ، والديمقراطية الحقيقية، والتقدم البشرى تماثل إن لم تفق أهمية حربنا حاليا على الإرهاب التي أشعل شرارتها الهجوم على مركز التجارة العالمى والبنتاجون .

يمكن أن يكون للتمويل العام لأبحاث العلم والهندسة تأثير هائل في تعليم العلم والهندسة على كل المستويات - في التعليم الرسمى الابتدائى والثانوى والجامعى ، وبرامج الدراسات العليا . وكذلك التعليم غير الرسمى للجمهور العام . وهكذا فبالإضافة إلى تمويل مبادرات تعلم العلم التى تتأتى من مصادر تقليدية - مثل مجالس المدارس ووزارة التعليم - فإن تمويل أبحاث العلم والهندسة يمثل إمكانات لها قدرها في دعم تعليم العلم . والحقيقة أنه ينبغي على أى هيئة تضع فى اعتبارها أمر التمويل العام لأبحاث العلم أن يقوم عملها على أساس فلسفى يعزز إيجاد تأثير إيجابى شامل طويل المدى فى التعليم .

تعليم العلم بفعالية يجب أن يبنى فى الطلبة الاهتمام والفضول بمجالات العلم والهندسة والتكنولوجيا وأن يعتنى بقدراتهم على هضم واستخدام المعلومات ، وليس فقط أن يبرهنوا على قدراتهم على ترديد الحقائق . ويجب تأكيد الاهتمام بتعليم مرحلة الحضانة - الصف ١٢ . فالطلبة يبدأون خلال صفوف الدراسة الأولية فى تنمية مهاراتهم الأساسية وفى تعلمهم للمبادئ الأساسية الأمر الذى سيتيح لهم أن يصيروا فنيين ومهندسى وعلماء المستقبل . ومرحلة المدرسة الابتدائية والثانوية هى أيضا المرحلة التى ينال فيها الجمهور غير المتخصص أكبر وأهم ممارساته

التعليمية للعلم. وينبغي منح اهتمام خاص للمشاريع التي تتضمن الممارسة العملية ، وطرائق التناول التجريبية والمبنية على أساس الاكتشاف ، وذلك بالنسبة للطلبة المناسبين في العمر المستهدف .

ينبغي أن تساعد البرامج على حفز اهتمامات الأطفال وتوجيهها في اتجاهات مستقبل مهني علمي ، وأن تطرح صورا عن علماء من شتى الأنواع ، وتحرص على تجنب وضع العلم والمهن العلمية في قوالب نمطية . وينبغي أن ترسخ هذه البرامج نماذج إيجابية لأداء أدوار حقيقية في مدى واسع التنوع من فروع المعرفة ، وذلك بالنسبة لتعليم مرحلة الحضانه - الصف ١٢ . وهذا مهم بوجه خاص بالنسبة لأطفال الأقليات والإناث والأطفال الفقراء . وينبغي أن يوضع في الاعتبار عند تخطيط أحد البرامج الحاجة لقياس تأثيره في التعليم . وينبغي أن تتضمن النتائج التي ستقاس ليس فحسب أعداد وأنماط الطلبة المتأثرين وإنما تتضمن أيضا المعلومات المكتسبة، وإذا ما كان البرنامج قد حفز اهتماماتهم بالعلم والمجالات التقنية وما إذا كان هناك تعزيز لتفكيرهم النقدي ومهاراتهم في حل المشاكل .

يجب استكشاف وتشجيع المشاركات طويلة المدى بين وكالات التمويل الحكومية ، والصناعة ، ومرحلة تعليم الحضانه - الصف ١٢ . تستطيع الصناعة أن توفر خبرة عملية من الحياة الواقعية للتعليم في مرحلة الحضانه - الصف ١٢ وأن تضيف في نفس الوقت إلى الموارد اللازمة من المعدات ، والعمال المهرة ، والتمويل، الأمر الذي يدعم تعليم العلم والهندسة في مرحلة الحضانه - الصف ١٢ . هناك شركات كثيرة لها بالفعل برامج مهمة في هذه المجالات يمكن أن تقيّد كنماذج وإمكانات بالنسبة لهذه المشاركات . ومن بعض أمثلة ذلك برامج مثل برنامج شركة باير (أداء العلم يعطى المعنى) ، ومشروع (جراد) لشركة تكنولوجيايات لوسنت ، وبرنامج (علماء شركة كيماويات داو في الفصل الدراسي) ، ورعاية شركة إنتل

لبرنامج (المنافسة الدولية فى العلم والبحث عن الموهبة) ، وبرنامج (إفون) لشركة جنرال إلكتريك ، وبرنامج ناسا لتدريب الطلبة المقيمين ، وبرنامج (دوى) الصيفية. تبرهن هذه البرامج والكثير غيرها على الطريقة التى يمكن بها لمشاريع تتضمن علماء محترفين أن تشارك مع المدارس فى تعليم العلم بالممارسة العملية .

أحد الآثار الجانبية المهمة للمشاركة فى الأبحاث هى الرغبة فى المزيد من المعرفة . فالبشر لديهم عطش طبيعى لأن يتعلموا بشأن الكون . والأطفال بالذات يتوافر ذلك لديهم ، ولكنهم قد لا يكون لديهم مخارج مفيدة لذلك . وقد يحس البالغون وهم غارقون فى حياتهم وعملهم أن التعامل مع اهتمامات أطفالهم العلمية ذات المغزى أمر يتجاوز قدرتهم والأفضل أن يترك ذلك للمتخصصين . ينبغى أن توفر البرامج الفعالة للطلبة فى مرحلة الحضانة-الصف ١٢ الفرص والمخارج للإستفادة من فضولهم وطاقاتهم فى استكشاف العالم من حولهم . وكمثل ، يمكن أن توفر لهم هذه الخبرات عن طريق إجراء استقصاءات ميدانية مع المهندسين الممارسين للعمل أو عن طريق المشاركة فى مشاريع تجميع المعلومات لقواعد البيانات القومية ، وكذلك عن طريق المعارض العلمية ، واللقاء مع العلماء .

ينبغى أن يودى التمويل العام إلى تيسير تعليم متين للعلم فى المناطق الجغرافية والتجمعات الديموجرافية التى ينقصها ذلك وبالتالى تكون أكثر حاجة له . وينبغى أن يكون من الأهداف الرئيسية لتمويل العلم المناطق غير النامية اقتصاديا التى لديها موارد محلية معدودة لتعزيز احتياجاتها وفرصها التعليمية . وينبغى فى الوقت نفسه أن تعنى المبادرات التعليمية القومية بوجود قوة عمل مدربة جيدا فى المناطق الجغرافية التى يوجد فيها حاليا نقص فى العمال المهرة وحيث لايمكن الإيفاء بالاحتياجات فى المستقبل . ومع أهمية أبحاث العلم والهندسة والتدريب عليهما بالنسبة لكل المجتمع

الأمريكي ، إلا أن موارد البحث والتدريب ليست بأى حال موزعة جغرافيا توزيعا متساويا . والحقيقة أن الولايات الست التى يوجد فيها أعلى مستويات للإنفاق على البحث والتنمية (وهى كاليفورنيا وميتشيجان ، ونيويورك، ونيوجيرسى ، وماساتشوستس ، وتكساس) يرجع إليها ما يقرب من نصف الإنفاق الكلى فى الدولة على البحث والتنمية. (١٠) وتعانى هذه المناطق على نحو نمطى من نقص شديد فى العمالة الماهرة تقنيا فى الأوقات الاقتصادية الطيبة بينما تكافح المناطق الأخرى من البلد لخلق وجذب الأعمال ذات الأجور العالية فى الصناعات المتقدمة تكنولوجيا .

يُعتبر العمل على الاستحواذ على أفضل العقول فى الولايات المتحدة وتتميتها والحفاظ عليها ، لتعمل فى مجالات العلم والهندسة ، يعتبر من بين أهم الاعتبارات فى تمويل الأبحاث . ينبغى أن تُعنى المبادرات القومية بحشد كل الطلبة والإبقاء عليهم فى مجال العلوم ، والتأكيد على ما للجماعات ، التى يقل تقليديا تمثيلها ، من أهمية فى العلوم . وينتج عن مساهمة هؤلاء الأفراد تنوع فى الأفكار يعظم من فرصة التوصل لإتجازات فى البحث ، كى يوسع من دعم الجماهير ، ويزيد من عدد الأفراد الذين يدخلون فى النهاية فى هذه المجالات . فالتوصل إلى التنوع فى العلم ضرورة وليس "تأنقا" .

يجب أن نصل إلى فهم سبب ما يحدث من الإبقاء ، أو عدم الإبقاء ، على المجموعات قليلة التمثيل عند كل مستوى من التعليم والتدريب . سنجد أن الأطفال عبر كل طيف سكان الولايات المتحدة يتحمسون للعلم والهندسة ، كما أن البالغين يفهمون أهميتهما . ولكننا نجد عند كل مستوى تعليمى بالتتابع، أن المجموعات غير المضمنة تقليديا يتساقط أفرادها بأعداد أكبر وأكبر . وكمثل ، فإن الإناث من طلبة الجامعات اللاتى يصلن إلى عتبة المسار الهندسى (إكمال ثلاثة من المقررات الهندسية المطلوبة) لا يكملن الحصول على الدرجة العلمية إلا بنسبة ٤٢ فى المائة مقارنة بنسبة ٦٢ فى

المائة عند الرجال. (١١) هذا النقص فى الإبقاء على الطالبات يُعد مشكلة مع تغير ديموجرافيات الأمة وانكماش المستودع الذى تسحب منه الولايات المتحدة تقليدياً قوة عملها فى العلم والهندسة ، ليشكل بانكماشه نسبة مئوية صغيرة من قوة العمل .

ينبغى على كبار أعضاء هيئة التدريس بالكليات ، وهم المستفيدون الرئيسيون من الأبحاث الممولة ، أن يشاركوا فى العبء الرئيسى والمسئولية الرئيسية لتحسين مدى انجاز تعليم العلم . وسنجد أن الكثير من وكالات وبرامج التمويل تحتاج بالفعل إلى باحثين لطرح خطة لزيادة الوعى الجماهيرى ولزيادة إسهام المجموعات قليلة التمثيل . على أنه يبدو أن النظام الحالى يضع هذا العبء على عاتق صغار أعضاء هيئة التدريس وغيرهم ممن قد بدأوا بالكاد مستقبلهم المهنى كباحثين . وبالتالى ، فإنه ينبغى على هيئات التمويل العام أن تجد طريقة لأن تشجع ، بل إنها فى الحقيقة فى حاجة لأن تشجع ، أعضاء هيئة التدريس الأكبر مركزاً والأكثر رسوخاً ، حتى يحملوا عبء جزء مهم من هذا المدى فى الاتجاز . ولا يقتصر الأمر على أن لديهم الوقت ولديهم الأمان الوظيفى ، وإنما يحدث كثيراً أن يكون لدى كبار هيئة التدريس التمويلات الإضافية الفوقية (overhead) وما يلزم مؤسسياً لجعل هذه البرامج واقعا حقيقيا .

ينبغى أن تكون البنية الفيزيائية للمنشآت العلمية ذات فعالية ، وأن تكون بأحدث طراز ، وقادرة على أن تدعم تدريب وتعليم حشد الأفراد المشاركين فى أبحاث وتنمية العلم والهندسة . وما زالت مدارس الولايات المتحدة التى تدرب الأغلبية العظمى من الفنيين العاملين بالعلم والهندسة ، والمهندسين المهنيين ، والباحثين العلميين ، وما زالت تقوم بذلك باستخدام معدات لاكفاءة لها وكثيراً ما يكون مما عفا زمنه . وعندما يدخل هؤلاء العاملون فى قوة العمل ، تكون فعاليتهم بمستوى يتطلب حلاً إلى أن يتم لهم

تلقى تدريب تعويضي من صاحب العمل . من الضروري أن يكون من المتاح التوصل إلى أحدث طراز من المعامل والمعدات العلمية ، وألا يكون هذا بالنسبة لعلماء البحث وحدهم هم أنفسهم ، وإنما أيضا بالنسبة لمختلف فنيي المعامل ، والإداريين والموظفين الحكوميين الذين سيقدرّون التمويل ، ويدعمون مشاريع البحث .

كان هناك أثناء الحرب الباردة إدراك لما نحتاجه وجهد منسق يوجه لتحسين منشآت العلم والهندسة عبر الولايات المتحدة كلها . على أنه حدث خلال آخر خمسة عشر أو عشرين عام أنه على الرغم من تنامي وتنوع التمويل الفيدرالي للبحث في المؤسسات الأكاديمية ، إلا أن هناك انحدارا واضحا في المنشآت العلمية والهندسية في الكليات والجامعات الأمريكية المدعومة فيدراليا .

وكمثل ، فإنه على الرغم من زيادة إجمالي المساحة المخصصة للعلم الأكاديمي والبحث بما يقرب من ٢٨ في المائة بين ١٩٨٨ و ١٩٩٨ ، إلا أن كثافة معدات البحث والتنمية - أي نسبة إجمالي نفقات البحث والتنمية من التمويل الحالي المخصص لمعدات البحث - قد انخفضت دراميا في العقد الأخير . وبعد أن كانت قد وصلت في ١٩٨٦ إلى نسبة مئوية عالية من ٧ في المائة، انخفضت إلى نسبة ٥ في المائة في ١٩٩٧ . وفي حين تمكنت الكليات والجامعات الأمريكية من أن تسع عددا أكبر من طلبة العلم والهندسة، إلا أنها تعلمهم بمعدات يتزايد عدم كفاءتها وعفا زمنها.

كما أن هناك اتجاه لآلا يحدث تحسين في منشآت العلم والهندسة والاكاديميين إلا من أجل أن تبقى فقط باحتياجات مشاريع معينة لها تمويلها ، وذلك باستثناء جامعات البحث الكبيرة الممولة جيدا بما يتاح لها من مقادير كبيرة من التمويل الخاص. وبالإضافة ، نجد أن المدارس التي ليست من المتلقين الأساسيين للتمويل الحكومي للعلم والهندسة تتلقى نمطيا تمويلا أقل

من الموارد الأخرى الخاصة عندما تهدف لتمويل إنشاء المباني العلمية والحصول على معدات للبحث . ساعد هذا الاتجاه في أن يؤدي إلى تدهور عام وشيخوخة في منشآت المعامل العلمية والهندسية على نطاق الدولة كلها . ويجب أن نعطي اهتماما جديا نحو خلق مبادرات تمويل عام لها قدرها تعزز وتضمن حيوية وانتشار معامل العلم والهندسة في المعاهد الموجودة في كل البلد - أى في المعاهد تحت العليا والكليات الصغيرة ، وفروع المناطق لجامعات الولاية ، مثلها في ذلك مثل جامعات الأبحاث الرئيسية .

حتى نبني ونحافظ على قاعدة راسخة لا تكون فقط من علماء الأبحاث الرئيسيين وإنما أيضا من فنيي المعامل ، ينبغي أن يتاح لطلبة كل الكليات والجامعات بعض فرصة لإجراء البحث . لايعنى هذا أنه يجب أن تكون كل المعاهد جامعات للبحث ؛ والأحرى أنه ينبغي أن يكون هناك مجال ممتد بشكل ما بالنسبة لكل المدارس بحيث يتمكن طلبتها من المساهمة في مشاريع البحث . ويجب بالنسبة لطلبة الكليات الذين يدرسون العلم أو الهندسة كمادة رئيسية أن تكون لهم بعض ممارسة للبحث وبعض مدخل للتوصل إلى فرص للبحث بصرف النظر عن مدارسهم .

كثيرا ما يحدث في التقييمات الحالية في بروتوكولات التمويل أن تكون هذه في صالح ما يوجد من عوامل في كليات وجامعات قدر رسخت بالفعل كمراكز للبحث وتعليم العلم والهندسة . إلا أنه ينبغي أن تضع تقييمات التمويل في الاعتبار أيضا مزايا المشاريع التي تهدف إلى إدماج مجموعات أفراد معينة يقل ما يتاح لها من أحدث المنشآت والتدريبات ، وأن تضع في الاعتبار أيضا الكليات والجامعات التي يجرى بها عملية تنمية منشآت أفضل وهيئة تدريس أكثر تأهلا . وينبغي مواصلة استخدام الزمالات التي تستهدف طلبة الكليات من أجل تشجيع تركيب متنوع لفريق بحث الباحث الرئيسي .

إحدى المهام الرئيسية للمال العام فى الولايات المتحدة هى تعليم الأطفال فى مرحلة الحضانة - الصف ١٢ . وعندما يكون هناك تقدير عام للعلم ، فإن هذا لا يكون فقط نقطة البداية لمساعدة الصغار على يستلهموا من ذلك أن يكونا علماء ومهندسى الجيل التالى ، وإنما يكون هذا عنصرا ضروريا أيضا فى تهيئة مواطنى أمريكا ليعيشوا فى مجتمع يتزايد تقدمه علميا وتكنولوجيا . فمن الضروري أن يتم تعلم العلم الأساسى ، وأن يوجد فهم ودعم مجتمعى واسع لدور أبحاث العلم والهندسة . وحتى يودى المجتمع الديمقراطى وظيفته أداء فعالا ، يجب أن يكون المواطنون متورين جيدا ومتعلمين جيدا فيما يتعلق بالعلم والأبحاث العلمية ودلالاتهما .

يُطلب من المواطنين يوميا النظر فى خيارات وسياسات فردية ومجتمعية تتطلب تعلم أساسيات العلم وبعض معرفة بالاكشافات وأوجه التقدم العلمية والتقنية الحالية . يودى الاسهام فى البحث العلمى والهندسى أو التعرض له - فى مرحلة الحضانة - الصف ١٢ حتى التعليم العالى - إلى أن يساعد الجمهور العام إلى مدى بعيد فى أن يصبح أريح بالا بالنسبة لعملية البحث العلمى كما تساعد فى أن يعطى للباحثين إحساسا أفضل عن المعرفة التى يحتاج إليها الجمهور ويريدها .

يُعد التعليم التقليدى للعلماء والمهندسين الأمريكيين ، هو وتعليم قوة العمل الأمريكية لما يسمى اقتصاد المعرفة ، وكذلك وعى الجمهور بالعلم ، يُعد هذا كله أجزاء ضرورية للبنية التحتية العلمية للأمة . ينبغى بالنسبة لكل مشروع بحث يمول بأموال عامة ، أن نضع فى الاعتبار تأثير المشروع فى تدريب الجديد من العلماء والفنيين والمهندسين والباحثين ، وفى تعليم قوة العمل متعلمة علميا ، وفى زيادة وعى الجمهور بشأن دعم العلم .

ماذا يعنى هذا كله ؟

خيارات المجتمع

نجد الآن في التو ، في ٢٠٠٢ ، ان الولايات المتحدة كدولة لديها كل ما يلزم لصنع إسهامات مفيدة عميقة وباقية بالنسبة لمواطنينا ولكل البشرية ، وذلك من خلال قدراتنا العلمية والهندسية . وحتى نضمن هذا التأثير ، يجب على بلادنا أن تقوم بخيارات واعية متتورة فيما يتعلق بطريقة استثمار مواردنا العامة في العلم والهندسة. وفي اعتقادي أن أحد أفضل الاستثمارات الملائمة للتمويل العام للأبحاث الأساسية في العلم والهندسة هي أن نتابع بنشاط إجراء حملة على نطاق الأمة لتحسين تعليم العلم تكون بنفس الدرجة من الوضوح للعيان مثل حروبنا على المخدرات أو الإرهاب أو السرطان . والسبب بالطبع ، أننا عندما نكسب حرب تعلم العلم سنصل بذلك إلى أوجه تقدم هائلة في كل حروبنا الأخرى.^(١٢)

الهوامش

1. Donald Stokes, Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation (Washington, D.C.: Brookings Institution Press, 1997), p.6.
2. 2000 (Arlington, Va.: National Science Foundation, 2000), p.5-3.
3. National Science Foundation, Science and Technology Pocket Data Book - 2000 (Arlington, Va. : National Science Foundation . 2000).
4. Science and Engineering Indicators - 2000, p. 4-4.
5. Londa Schiebinger, Has Feminism Changed Science ? (Cambridge: Harvard University Press, 1999), p. 195.
6. Science and Engineering Indicators -2000,p. 8-11.

7. Ibid , p. 8-8. This study was done prior to the intense coverage of anthrax after the September 11, 2001, World Trade Center and Pentagon tragedies.

8. Ibid

9. Ibid., p. 8-13.

10. Ibid., pp. 2-28 and 2-29.

(١١) هناك إنخفاض فى تمثيل النساء ، والأمريكيين - الأفريقيين ، والهسبانيين، والأمريكيين المحليين ، والأفراد المنتمين إلى الجماعات الأدنى اقتصاديا والمناطق الجغرافيا الريفية ، حيث يكون تمثيلهم فى مجالات العلم والهندسة بأعداد قليلة عند المقارنة بنسبتهم المئوية فى السكان ككل أو فى قوة العمل بالولايات المتحدة . ويكون هذا التفاوت أكبر فى مجالات معينة مثل الرياضيات والفيزياء والهندسة ، ومع ارتقاء السلم إلى طلبة الكليات والدراسات العليا والزمالات . ونجد فى ١٩٩٧ أن النساء يبلغ عددهن ٢٣ فى المائة من قوة العمل فى العلم والهندسة ، ولكن عددهن يصل إلى ٤٦ فى المائة من قوة عمل الولايات المتحدة . وبلغ عدد السود والهسبانيين والأمريكيين المحليين فى ١٩٩٧ ٢٤ فى المائة من سكان الولايات المتحدة، ولكنهم يمثلون فقط ٧ فى المائة من اجمالى قوة العمل فى العلم والهندسة ، اللجنة القومية للعلم ، "مؤشرات العلم والهندسة" - ٢٠٠٠ (أرلنجتون ، فرجينيا: المؤسسة القومية للعلم ، ٢٠٠٠)، الفصل الثالث "قوة العمل فى العلم والهندسة" والفصل الرابع ، "التعليم العالى فى العلم والهندسة".

(١٢) استُمدت هذه المقالة من (الورقة البيضاء) التى نتجت عن ورشة "مستقبل العلم والهندسة والتعليم" التى عقدت فى كلية دارتماوث، فى ١٠-١٥ نوفمبر ٢٠٠١ . وقد كان لى من حسن الحظ أنى دعوتُ ورأستُ هذه الورشة التى جلبت إليها ما يزيد عن أربعة وعشرين من

قادة الفكر فى العلم والهندسة والفنون - فى الهيئات الأكاديمية، والصناعة والأعمال الصغيره، والكتاب، واللاهوتيين، والماليين، والفيزيائيين، والبيولوجيين والرياضيين - وذلك حتى يناقشوا أحسن استخدام للمال العالم لتمويل الأبحاث الأساسية للعلم والهندسة. وقد عاود أفراد هذه المجموعة من الجهابذة المتميزين المرة بعد الأخرى الرجوع إلى ضرورة تعلم العلم بالنسبة للجمهور العام، وبالنسبة لقوة العمل فى العلم والتكنولوجيا، وبالنسبة لقادتنا، وكذلك الرجوع إلى العقبات التى تسد طريقنا لذلك .

مستقبل الطاقة النووية
بعض ما يثير القلق حاليا:
الدفاع الصاروخي ،
ومستقبل القوة النووية ،
ومخاطر تسريب مواد
الأسلحة النووية في روسيا

ريتشارد ل. جاروين

و

جورج شارباك

توجد مجموعة رئاسية للتنمية يرأسها نائب الرئيس ديك تشيني وقد كتبت تقريرا عن السياسة القومية للطاقة في مايو ٢٠٠١ ، وضعت فيه القوة النووية في المركز من سياسة الطاقة للولايات المتحدة في القرن الواحد والعشرين . ونحن نوافق على أن القوة النووية تستطيع أن توفر نسبة متزايدة من احتياجات الطاقة في الولايات المتحدة . يحاج تقرير تشيني^(١) بما يوجد من مزايا بيئية واقتصادية للقوة النووية كمصدر مستدام للطاقة ، ويدعو التقرير لزيادة التعاون الدولي ومضاعفة البحث العلمى من أجل الإقلال من وجود نفايات ذرية بمستوى عالى ومن أجل معالجتها.

ونحن نرحب باهتمام التقرير بمشاكل الطاقة النووية وإمكاناتها في المستقبل ونرى أن ذلك بمثابة تصويت مهم بالنقطة . ساد على رأى الجمهور في العقود السابقة بالنسبة للطاقة النووية ما وقع في حادثين معينين : انصهار قلب مفاعل في ثرى مايل أيلاند بولاية بنسلفانيا في ١٩٧٩ و كارثة تشيرنوبل في أوكرانيا في ١٩٨٦ ، حيث انطلقت في الجوا مواد نشطة اشعاعيا من

محطة للقوى لتنتشر فوق مساحات واسعة من أوروبا وآسيا . مازال شبح الكوارث الكبيرة المدي وعدم حل مشكلة التخلص النهائي من النفايات المشعة يلوح مضخما عند الراى العام الأمريكى ، وعلى الرغم من ذلك إلا أن محطات الطاقة النووية توفر حاليا ٨٠ فى المائة من الطاقة الكهربائية فى فرنسا .

نجد فى فرنسا أن القوة الكهربائية عموما ، وصناعة القوة النووية خصوصا ، هما احتكار للدولة . وهى تُدار إدارة جيدة ويقل تعرضها للنقد فى المنظومة السياسية الفرنسية . على أن التقارير الرسمية الحديثة قد أثارت لأول مرة على هذا المستوى أسئلة تدور حول ما يوجد من حكمة من الناحية الاقتصادية والبيئية فى بعض الخيارات، مثل إعادة معالجة الوقود النووى المستنفد . والصناعة الفرنسية لا تتحدث قط عن الوقود المستنفد كنفاية وإنما تتحدث عنه كشئ يوضع فى معامل تحت الأرض . كما أنه ما من طن واحد من الوقود المستنفد لمفاعل تجارى قد تعرض للتخلص نهائيا منه فى فرنسا (ولا فى الولايات المتحدة) .

عندما نقارن القوة النووية إزاء الوقود الأحفورى - أى الفحم، والبتروىل ، والغازات الطبيعية - نجد أن القوة النووية تطرح لنا وعدا بهواء أكثر نقاء ، مع الإقلال من البث الحرارى فى ظاهرة بيت النباتات (الصوبة)، كما تعد بالاستدامة ، وإمكانات تزايد الناتج بما يتناسب مع تزايد احتياجاتنا للطاقة .

نحن نزيد بشدة الحفاظ على الطاقة ، مع استخدام أوسع لتوليفة من منظومات الحرارة والطاقة ووسائل نقل مخلطة (محرك جازولين وبطارية) . ونحن متبهبهون إلى أن التطبيق المستمر للعلم والتكنولوجيا على الطاقة الشمسية سوف يودى إلى خفض فى التكلفة. إلا أن القوى الشمسية هى وقوى الريح ، قوى متقطعة وتتطلب تخزينها . وهى قوى مهمة أقصى الأهمية

عندما يكون للسكان توزيعا متفرقا ، ولكنها لا تفيد التجمعات السكانية الكبيرة إلا مع وجود خطوط نقل مثل التي تستخدم للقوى النووية . وقد ألفنا كتابا عن القوى النووية والأسلحة النووية ؛ وإنما نناقش هنا مصادر الطاقة الأخرى لمجرد توفير سياق متصل . ونحن نستشهد بالفعل بالمراجع الثقة في هذا المجال من حيث الدعوى بأن ما يمكن تصوّره من القوى المتولدة عن الشمس على نطاق العالم يمكن أن تمدنا بما يصل إلى ثلاثين مثل لاستهلاك العالم حاليا من الكهرباء . فنقول ، "دعهم ينتجون المزيد من القوى !" .

على أنه حتى ندعم إعادة بعث القوى النووية في الولايات المتحدة ، يجب أن يكون هناك موافقة سياسية على ذلك مقرونة بوجود علم جيد واقتصاديات مواتية . ونحن نرى أن المحطات النووية المائة الموجودة في الولايات المتحدة ، وكلها بمفاعلات ماء خفيف ، آمنة بما يكفي إذا شُغلت تشغيلاً سليماً . ويمكن التخلص من الوقود المستنفد للمفاعل بأن يعالج بواسطة شركات تجارية متنافسة لديها مستودعات منجمية جيولوجية في روسيا والصين والولايات المتحدة وأستراليا ، وبهذا يتم فصل المادة المشعة عن المحيط الحيوي^(٩) حتى يقل احتمال الإشعاع عن طريق الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي ، كما يقل إمكان الاستخدام العسكري للبلوتونيوم الموجود في هذه المواد الذي يصلح للاستخدام في الأسلحة . يتكوّن المستودع من مجموعة من الحفر الرأسية والممرات تحفر كالمناجم عميقاً في الصخور في بيئة مناسبة بحيث لا تجلب المياه إشعاعاً إلى السطح . تتناسب هذه الطريقة للتخلص من النفايات مع قضبان وقود المفاعلات التي توضع في علب صغيرة من الصلب الثقيل كما تتناسب مع المواد المشعة التي تفصل بإعادة معالجتها - في شكل زجاج يصب داخل كتل صلب لا يصداً يصل وزنها إلى

(٩) المحيط الحيوي biosphere : ذلك الجزء من العالم حيث يمكن أن توجد الحياة .

(المترجم)

طن أو ما يقرب . يحبذ تقرير تشيىنى إعادة معالجة الوقود المستنفد من مفاعلات القوى فى الولايات المتحدة ؛ وقد وجدت دراسة حديثة أجرتها لجنة خبراء فى الأكاديمية القومية للعلوم ان هذه طريقة للتناول لىست لها جدارة ولا ضرورة - وذلك بصورة أكيدة بالنسبة لإعادة المعالجة من أجل الحصول على البلوتونيوم حتى يقلل بنسبة ٢٠ فى المائة من استهلاك اليورانيوم بالمفاعل المعتاد فى الولايات المتحدة .

بل وحتى لو كان الوفاء بكل احتياجات العالم للطاقة سيحدث بواسطة القوى النووية ، فإن الأربعة بلايين طن من اليورانيوم الموجودة بالمحيطات سوف تزود المفاعلات بالوقود لآلاف من السنين . وإذا لم يتم التوصل إلى مصدر جديد للطاقة خلال ألف سنة، مثل الاندماج النووي ، سيكون من الممكن استخدام المفاعلات المولدة للعناصر^(٩) لتمد بالقوى اللازمة لاحتياجات العالم للطاقة لمدة ٥٠٠٠٠٠ سنة أو أكثر.

هناك ثلاث ملاحظات جديدة فيها تأييد لاستخدام القوة النووية: الأولى، ان الطاقة النووية من حيث الاحترار الكوكبى ، هى اختيار أفضل كثيرا من الوقود الأحفورى . وكمثل فإن حرق الفحم لتوليد الكهرباء يطلق غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو ، وهذا يمكن أن يبقى هناك لأكثر من أربعين عاما . وهذا الفائض من ثانى أكسيد الكربون يعزز ظاهرة احترار بيت النباتات ، ويسهم فى زيادة حرارة سطح الأرض فى كل سنة بمقدار يماثل ما يتولد أصلا من النبات ! أما محطات القوى النووية التى لا تولد أى قدر من ثانى أكسيد الكربون ، فيكون إسهامها فى ظاهرة بيت النباتات عبر أربعين سنة أقل مما تسهم به محطة لحرق الفحم فى سنة واحدة .

(٩) المفاعلات المولدة : مفاعلات يستخدم فيها وقود معين فيتولد فيه وقود من نوع آخر كأن يتحول اليورانيوم ٢٣٨ إلى بلوتونيوم . (المترجم)

وثانيا ، فإن العالم ، على عكس الاعتقاد الشائع ، لا يواجه أى نقص فى وقوده النووى الأساسى ، أى معدن اليورانيوم . تحوى محيطات العالم أكثر من أربعة بلايين طن من اليورانيوم ، بما يصل إلى ألف مثل لما يوجد من مصادر أرضية من أحسن الدرجات . وبالإضافة فإن استخلاص هذه المادة سوف يكون عمليا من الوجهة الاقتصادية . ونحن نحث الإدارة الحالية على إجراء المزيد من الأبحاث على يورانيوم مياه البحار لتحديد ما تكونه بالضبط التكلفة لبرنامج على نطاق كبير .

وأخيرا ، فنحن نسرد ون دعم التطورات الحديثة فى تكنولوجيا المفاعلات التجارية . وحتى لو كانت المفاعلات الحالية ، كما نحاج ، قد بلغت عتبات الأمان الكافية بعد أيام ثرى مايل أيلاند ، فإننا نشجع النضال من أجل إجراء التطوير ومن أجل الاستثمار فى أجيال مفاعلات أرخص ، وأكثر أمنا وكفاءة فينتج عنها نفايات أقل . وقد أنتجت الشركات الدولية التجارية تصميمات حديثة للمفاعلات تطرح حماية أكبر ضد حوادث التلوث أو الاتصهار . ونحن نحث الإدارة الحالية لتضيف دعمها الفيدرالى لهذه المشروعات ؛ ولن تتحقق مآدا مزايا القوة النووية من حيث الأمن والبيئة إلا إذا انخفضت تكلفتها الرأسمالية بعامل من اثنين أو أكثر . ونجد بالنسبة لنا ، أن التغيير الذى حدث فى القانون الروسى فى ٢٠٠١ لبيّح تدفق الوقود المستنفد للمفاعلات التجارية إلى روسيا للتخلص منه، لهو ابتكار مواتى . إلا أننا نفضل أن نرى أن العميل يكون له الخيار فيما إذا كان الوقود يتم التخلص منه مباشرة (دون إعادة معالجة) فى المستودعات الجيولوجية المنجمية أو إذا كان يفضل أن يزال البلوتونيوم أولا . والخيار الثانى أكثر تكلفة إلى حد كبير إذا كان لابد من إنشاء محطات قوى جديدة ، ولا يؤدي إلى تسهيل الأمر تسهيلا له قدره - ان كان يسهله على الإطلاق .

على الرغم من تأييدنا للقوى النووية ، إلا أننا نحث الإدارة الحالية على تقبل ما توصل له تحليلنا من أنها تتأتى ومعها تكلفة محسوبة من الحياة البشرية - سواء كان ذلك من خلال تشغيلها الروتيني أو من خلال كارثة غير متوقعة . وقد قدرنا أن سيحدث على نطاق العالم ٣٥٠٠٠ حالة وفاة قبل الأوان من التأثيرات اللاحقة لحادثة تشيرنوبل . على أن الضرر هنا أقل مما يترتب على محطات وقود الفحم التي تمدنا بنصف كهرباء الولايات المتحدة كلها . فمحطات الفحم تبتث أوكسيد الكبريت المسئول عن الكثير من المطر الحامضي وأمراض الرئة ؛ وتبتث أيضا معادن ثقيلة كالزئبق؛ كما أن هناك إشعاع تبتثه الملايين الثلاثة من أطنان الفحم التي تستهلك سنويا في كل محطة كبيرة بوقود الفحم . يستخدم ما يقرب من ٥ في المائة من رماد هذا الفحم لصنع خرسانة للمساكن ؛ وإذا أجرينا تقديرات على الأساس نفسه الذي قدرنا به حالات الوفاة قبل الأوان في الكارثة النووية المدنية الوحيدة في أهميتها ، أى حادث تشيرنوبل ، سنجد أن هناك ٢٠٠٠ فرد يموتون سنويا من الإشعاع في بيوتهم بتأثير الرماد الذي تحويه الخرسانة .

الدفاع القومى الصاروخى

أكثر الظواهر إدهاشا فى التهديدات الحالية للأمن القومى للولايات المتحدة هى ما فيها من تنوع بالغ . وكمثل ، فإن هناك ما يفوق تهديد لهجوم من الدول النووية 'المارقة' ، وهو ما تواجهه أمريكا من خطر جوهرى بأن تقذفها روسيا بالقنابل - حتى وإن كان ذلك عن غير عمد . يوجد ستة آلاف رأس حربى نووى مما كان يمتلكه الاتحاد السوفييتى السابق هى حاليا فى درجة استعداد قصوى، وتتف مهيأة لإطلاقها بناء على الأوامر فى دقائق. ويعتمد القواد الروس على شبكة متهاكة للإنذار المبكر لإعطاء معلومات حاسمة عن وقوع هجوم . وعند وجود أوجه من اساءة الاستخدام أو الثغرات فى هذه المنظومة - وهذه نواتج جانبية قد تشيع على نحو متزايد بسبب انكماش ميزانية روسيا العسكرية - فإن هذا يزيد من احتمال اطلاق قذيفة

نووية على نحو عارض أو بدون أمر مخول . ومن المذهل ، أن وجود هذه الآلاف من الرؤوس الحربية التي يتوقف إطلاقها على شعرة لزناد مشكوك في أمرها وتحمل قوة تفجير متجمعة تكفى لتدمير الولايات المتحدة وروسيا معا ، هذه الرؤوس لا تعتبر تهديدا رئيسيا.

ونحن نرى أن القذائف الباليستية للدول المارقة - وهى الجزء المركزى فى النقاش الحالى حول الدفاع الصاروخى - تمثل خطرا أقل الحاحا مما يوجد من القذائف الروسية المخزونة . عمل جاروين فى أوائل ١٩٩٨ فى لجنة من تسع أعضاء هى لجنة رامسفيلد لتقييم تهديد الصواريخ الباليستية للولايات المتحدة . وأصدرت اللجنة تقريرا نهائيا سريا ، صدر منه أيضا فى شكل غير سرى ملخص تنفيذى للجمهور^(٢) ، وقد عين هذا التقرير ثلاث دول مارقة يمكن أن تشكل فى المستقبل تهديدا للولايات المتحدة . فحسب ما تقرره اللجنة ، قد تنشئ كوريا الشمالية أو العراق أو إيران خلال خمسة أعوام صواريخ بدائية باليستية عابرة للقارات لها القدرة على ضرب منطقة الولايات المتحدة . وهذه الصواريخ تستطيع أن تحمل رؤوسا حربية نووية أو بيولوجية ، إما أنها يتم انشاؤها بطريقة مستقلة ، أو أنه يتم شراؤها أو سرقتها من دولة أخرى . اعتبرت ادارة بوش هى ووزير الدفاع دونالد رامسفيلد أن الدفاع ضد هذا النوع من الهجوم هو اول أولياتها - على الرغم من حقيقة أن تقرير رامسفيلد فى ١٩٩٨ حدد على وجه الخصوص أن تهديد المدن الساحلية للولايات المتحدة بصواريخ قصيرة المدى تطلقها السفن لهو تهديد يمكن إعداده بأسرع وأدق وأسهل من تهديد الصواريخ الباليستية عابرة القارات ويكون ما يحدث من أضرار نتيجة للمتجبرات النووية أو عامل الحرب البيولوجية (كالأنثراكس مثلا) ؛ فهل يكون الأمر أن هذا لا يمكن أن يصيبنا إلا عن طريق الصواريخ الباليستية عابرة القارات وليس عن طريق المدفعية أو السفن أو الصواريخ قصيرة المدى !

تُحبذ الميزانيات العسكرية الحالية استمرار برنامج عهد كلينتون، حيث تُطلق صواريخ اعتراض المسار من الأراضي الأمريكية . عندما تكشف الأقمار الصناعية عن إطلاق قذائف ، تعمل الصواريخ على اعتراض منتصف مسار الرؤوس الحربية الواردة ، أثناء وجودها مثلاً في فراغ الفضاء . وحسب الخطط الموجودة حالياً، فإن الصاروخ المعترض سيكتشف الرأس الحربية بالحرارة ثم يصطدم بها في الفضاء، مدمراً حملها النووي . ونحن نرى أن هذا البرنامج جد ضعيف لدرجة أن نجاحه سيتطلب تعاوناً كاملاً من الدولة المهاجمة - في شكل المشاركة في المعلومات عن الصواريخ الباليستية عابرة القارات والإجراءات المحتملة المضادة لها .

وبالإضافة ، وكما ظل الأمر يُناقش لسنين داخل وخارج الحكومة ، فإن الدولة التي لها الموارد والمهارات التقنية الكافية لإنشاء صواريخ باليستية عابرة للقارات ورؤوس حربية نووية أو بيولوجية ، تكون لها القدرة أيضاً على تصميم الإجراءات المضادة المناسبة . وأحد إمكانيات ذلك هي أن يُقسم الحمل على عشرات أو مئات من قنابل صغيرة محملة مثلاً بالأنثراكس ، بحيث تنهوى منفصلة خلال الفضاء لتتشر جرائيمها المميتة عبر مدينة بأكملها . والخطط الحالية للإعترض ، التي تتأسس على أن هناك نسبة من عدد قليل إلى الواحد بين الصواريخ المعترضة والمهاجمة ، هي خطط لا تستطيع أن تؤدي إلى اعتراض أهداف عديدة هكذا . وهناك إجراء مضاد آخر له فعاليته ، وهو أن يُغلف الرأس النووي الحربي داخل بالون كبير ، وسوف يصطدم الصاروخ المعترض بالبالون دون أضرار ، حيث يفشل في تدمير الرأس الحربي الأصغر كثيراً الموجود من داخله . أو أن الرأس الحربي يمكن أن يوضع في بالون صغير تصحبه شراك من بالونات أخرى مماثلة خاوية . ولن تكون هناك طريقة يميز بها الصاروخ المعترض بين بالونات الشراك الخالية غير الضارة والبالون الذي يحوي الرأس الحربي . يناقش كتاب لنا هذه المشاكل ببعض من التفصيل ؛ كما يتاح مزيد من

المعلومات فى أرشيف لأوراق بحث جاروين فى موقع
<http://www.fas.org/rlg>.

هناك بديل للإعتراض فى المرحلة المتوسطة ويتصف بأنه عملى
بدرجة أكبر، فنحن نؤيد الرأى بمهاجمة الصاروخ فى مرحلة إطلاقه لأعلى،
حيث تكون الإجراءات المضادة أصعب إلى حد كبير. فمن الممكن إطلاق
الصواريخ المعترضة من الأرض أو البحر، من خلال مسافة ألف كيلو متر،
من مكان إطلاق القذيفة الباليستية. وتستطيع الولايات المتحدة فى حالة كوريا
الشمالية استخدام سفن تتخذ موقعا فى بحر اليابان ، أو أن تشغل ، بالاشتراك
مع روسيا ، صواريخ تتخذ موقعها أرضا جنوب فلاديفوستك . ويمكن
اعتراض الصواريخ العراقية الباليستية عابرة القارات فى مرحلة الاطلاق
باستخدام قاعدة وحيدة فى تركيا ، الدولة العضو فى حلف الأطلسي . إلا أن
دفاعا كهذا لن يستطيع توفير حماية ضد الصواريخ الباليستية عابرة القارات
المنطلقة من روسيا أو من الصين. فكلتا البلدين واسع جدا جغرافيا بدرجة
أكبر من قدرة الصواريخ الاعتراضية قصيرة المدى على الوصول إلى مكان
مرحلة اطلاق الصواريخ الباليستية عابرة القارات ، وذلك سواء كانت
الصواريخ الاعتراضية تتخذ قاعدتها أرضا أو بحرا .

من الواضح أن العسكريين قليلو التحمس لمشروع إدارة بوش الأثير
للدفاع ضد التهديد الناتج عن امتلاك الدول المارقة لصواريخ باليستية عابرة
للقارات. والتهديد بهجوم بصواريخ باليستية يُعد متواضعا عند مقارنته
بالوسائل الأخرى لنقل الأسلحة النووية أو البيولوجية . وقد أدى تضخم ما
يُنْفَق على مشروع الدفاع القومى ضد الصواريخ فى منتصف مسارها إلى
وجود تهديد باستبعاد البرامج الأخرى من ميزانية الدفاع ، الأمر الذى يقلل
من قدرة الدولة على صد تهديدات أكثر خطورة . والوسيلة الوحيدة لتناول
احتياجات الأمن الحقيقية للويات المتحدة هى إيقاف البرامج الباهظة التكلفة
وغير الفعالة مثل الاعتراض فى منتصف المسار ، والعمل فى صالح اقتراح

له فرصة نجاح معقولة : وهو الاعتراض فى مرحلة الإطلاق. ثمة شعاع من الأمل : ذلك أن اللجنة العلمية للدفاع أوصت فى ٢٠٠٢ بأن تكون الأولوية للاعتراض فى مرحلة الإطلاق ، باستخدام قاعدة بحرية .

روسيا والصين ومعاهدة

الصاروخ المضاد الباليستى

المعاهدات أداة للأمن ، وليست غاية فى حد ذاتها . إلا أنه يمكن أن نقول الشئ نفسه عن عقود الأشغال المالية . فى ١٩٧٢ عقدت معاهدة بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتى سميت معاهدة ص ب م "ABM" (الصاروخ الباليستى المضاد) ، وهذه المعاهدة تسمح على وجه التحديد بإبطال العمل بها بعد ستة شهور من صدور إنذار من أحد طرفيها بأن استمرار العمل بها يهدد بالأخطار " مصالحه القومية العليا". والصين ليست طرفا فى معاهدة ص ب م ، إلا أنه ينبغى عند إنتهاء المعاهدة أن يوضع فى الاعتبار ، بالنسبة لاتخاذ القرار بالإجراء الذى يتخذ بفعل ما ، الطريقة التى ستتصرف بها الصين بعد إلغائها . وهناك معاهدة بين كندا والولايات المتحدة، هى معاهدة راش - باجوث التى تحدد وجود أسطول مسلح فى البحيرات العظمى بأربع سفن حربية بحمولة أقل من مائة طن . مازالت المعاهدة سارية وإن كان يتم تجاهلها إلى حد كبير عن طريق ما يتعلق بتفسيرها . من الواضح أن أفرادا كثيرين فى إدارة بوش ، يرون أن التخلص من معاهدة ص ب م هو هدف مطلوب فى حد ذاته من زمن طويل - بصرف النظر عن تأثيره الأمنى . ونحن نرى أنه سيكون من أبسط الأمور الحصول على موافقة روسية على تفسير أو تعديل معاهدة ص ب م (أى عمل بروتوكول للمعاهدة يكون مثل ملحق لوصية) ، يفسر أمر حظر نشر دفاع للمنطقة القومية ضد الصواريخ الباليستية الاستراتيجية فى مسار طيرانها ، على أنه يشير إلى الصواريخ الباليستية الاستراتيجية (لأحد أطراف

المعاهدة) وهى فى مسارها الطائر . وهناك بديل آخر هو أن يضاف لقائمة منظومات ص ب م المسموح بها (منظومة واحدة لكل جانب) منظومات محددة يتفق عليها . وكما بينا فى كتابنا، فإن هذا يتضمن منظومات ص ب م التى تتشارك فى تشغيلها روسيا مع الولايات المتحدة ، وبالإضافة إلى ذلك أيضا المنظومات الخاصة لاعتراض مرحلة الإطلاق التى تُنشر فوق الأرض أو البحر قرب كوريا الشمالية والعراق ، وربما إيران .

منذ أغسطس ٢٠٠١ ، أخذ الروس يشكون من أن إدارة بوش فى كل مناقشاتها مع حكومة بوتين لم توضح مطلقا على وجه الدقة ما الذى تريد انشاءه . ولا يسهل قط التنبؤ بمسار المفاوضات ، إلا أن هناك ما يدعو للاعتقاد بأن روسيا ستوافق على برامج معينة مثل اعتراض مرحلة الإطلاق، الذى يمكن أن يوفر دفاعا فعالا ضد ما يزعم بأنه التهديد المخطط - أى وجود صواريخ باليستية عابرة للقارات فى أيدي إحدى الدول الثلاث المارقة. وبكل أسف فإن الرئيس بوش نبذ معاهدة ص ب م فى ديسمبر ٢٠٠١ ، وانتهى أمرها بعد مرور ستة شهور .

ظلت الصين لمدة سنين مكثفية بما يقرب من العشرين من الصواريخ الباليستية عابرة القارات التى تستطيع الوصول إلى المدى القارى للولايات المتحدة حاملة لرؤوس حرب نووية ضخمة . وهذه الصواريخ موجودة فى أبراج أسطوانية يمكن أن تدمرها صواريخ الولايات المتحدة ؛ وبالتالي فإن الصين لديها منذ زمن طويل برامج تنمية لإحلال أو دعم الصواريخ الباليستية عابرة القارات وذات الموقع الثابت ، وذلك باستخدام صواريخ متحركة لا يمكن تدميرها بضربة وقائية من الولايات المتحدة . إلا أنه لا يرى فى هذا البرنامج إلا قدر قليل من الاستعجال . وحيث أن من الأهداف العلنية عند الكثيرين من مؤيدى نشر الدفاع الصاروخى النووى العمل على الحماية ضد التهديد الصاروخى الصينى ، سيكون من الصعب على الصين

أن تتجاهل وجود نظام فى الولايات المتحدة للدفاع الصاروخى النووى .
وأحيانا توضح الجهات الرسمية الصينية أنه إذا كان لدى الدفاع الصاروخى
النووى بالولايات المتحدة مائتا صاروخ اعتراضى ، سوف تبنى الصين
٢٢٠ صاروخ باليستى عابر للقارات من النوع المتقل . وبالإضافة ، فنحن
نرى (كما رأت المخابرات المركزية الأمريكية فى تقرير تقديرات المخابرات
القومية ١٩٩٩) أن الصين سيكون لديها الكثير من الإجراءات المضادة
للدفاع الصاروخى النووى مثل منظومة منتصف المسار التى يجرى انشاؤها
الآن .

فى ١١ سبتمبر ٢٠٠١ وقع الهجوم الإرهابى الذى دمر المركز
العالمى للتجارة وأصاب البنتاجون بأضرار ، وقتل ما يقرب من ثلاثة آلاف
فرد ، وفى هذا الهجوم ما يكذب الحجة التى تقول ان أعدائنا على درجة
كبيرة من عدم الكفاءة بحيث لا يستطيعون صياغة إجراءات مضادة بسيطة
مثل قنابل الأنثراكس الصغيرة أو البالون المغلف للصاروخ . كما أتضح ما
يوجد من سفسطة فى الحجة التى سمعناها كثيرا قبل ١١ سبتمبر ، التى تقول
أن لدينا ميزانية سنوية فعالة تبلغ ١١ بليون دولار لحماية حدودنا ضد غير
المرغوب فيهم من الأفراد والبضائع (إلا أن نظام الدفاع الصاروخى فى بلدنا
لا تتعدى فعاليته حد الصفر) . ليس ما يهم هو "مدخل" النقود وإنما ما يهم
كمقياس له قيمته هو 'مُخرج' الأمن . ينبغى أن يحل التحليل مكان نقاط
الخلافا ؛ ثلاثة آلاف من الموتى - هذا عدد يفوق عدد الموتى فى بيرل
هاربور - هذه قائمة قتلى رهينة ، ولكنها فحسب نسبة بسيطة من العدد الذى
يرجح موته اذا وضعنا قيمة الأيديولوجية فوق الأمن .

تخفيض تهديد الأمن الناتج عن الفائض فى المواد النووية الروسية

يمثل تسريب المواد النووية الصالحة للاستخدام فى الأسلحة تهديدا هائلا لأمن الولايات المتحدة والأمن الكوكبى . وحسب ما يوجد حاليا من معاهدات خفض التسلح ستصل الولايات المتحدة وروسيا سريعا إلى أن تتخلص كل منهما من خمسين طنا من البلوتونيوم الموجود فيما يفكك من أسلحة نووية . وإذا وجد ولو جزء طفيف من هذا البلوتونيوم فى الأيدى الخطأ فإنه يمكن أن يسهل الانشاء السريع لأسلحة جديدة محظورة . والمعدن أسهل فى نقله وأصعب فى إلقاء المسئولية بشأنه عما بالنسبة لرأس حربية متميزة . وبالإضافة فإن الرؤوس الحربية نفسها يتوفر لها على الأقل حد أدنى من الوقاية ، أما البلوتونيوم الخام فيعتقد خطأ أنه ليس جذابا للصمص أو الدول التى تحاول أن تكون ذرية . يمثل تسريب البلوتونيوم خطرا دوليا غير مسبوق فى ضوء ما يوجد حاليا من عيوب فى البرنامج الروسى لمتابعة وحراسة المواد النووية .

يتطلب الأمر أقل من ستة كيلو جرامات من البلوتونيوم الصالح للأسلحة لصنع قنبلة نووية بدائية . والقنبلة التى أقيمت على ناجازاكي خلال الحرب العالمية الثانية تعد جهازا من هذا النوع البدائى ، وقد قتلت ١٠٠٠٠٠ فرد . والأسلحة التى صممت ابتداء من خمسينيات القرن العشرين أسهل فى تحريكها وتوصيلها عن السابقة لها أثناء الحرب ، وتعطى نتائج تفجيرية أكبر بمكمية بلوتونيوم أقل . سنجد فيما يقرب من أن يكون السيناريو الأسوأ أن خمسين طنا من فائض البلوتونيوم عند روسيا يمكن أن تنتج ١٠٠٠٠ سلاح نووى جديد . وفى مفارقة مع ذلك ، فإن أسوأ سيناريو قد يكون فيه أن طنا واحدا سوف يستخدم لصنع ٢٠٠ قنبلة نووية .

أما فائض اليورانيوم من الرؤوس الحربية النووية المفككة فهو أسهل استخداما عن البلوتونيوم للأغراض الحربية . سوف تتسلم الولايات المتحدة من روسيا عبر الخمسة عشر عام القادمة ما يتبقى من ٥٠٠ طن من اليورانيوم العسكرى الذى تم اثراؤه بدرجة عالية ، ويمزج ليصبح بدرجة قليلة من الاثراء حتى يستخدم فى مفاعلات الطاقة التجارية بالولايات المتحدة. يتطلب أبسط أجهزة الانشطار ، مثل القنبلة التى اسقطت على هيروشيما فى ١٩٤٥ ، ما يقرب من ٦٠ كيلو جرام من اليورانيوم الشديد الإثراء ؛ ومن الممكن أن تحوّل الأطنان الخمسمائة التى تم التعاقد عليها إلى ٨٠٠٠ من الأسلحة التى من هذا النوع . أما عند استخدام تصميمات أكثر تقدما ، فإن الكمية نفسها يمكن أن ينتج عنها أكثر من ٢٠٠٠٠ قنبلة متفجرة.

عملت فى ١٩٩٦ و ١٩٩٧ فى لجنة مشتركة من الولايات المتحدة وروسيا للتخلص من فائض بلوتونيوم الأسلحة ، وتبنت اللجنة اتخاذ طريقة تعامل ذات مسار مزدوج بالنسبة لمشكلة البلوتونيوم . وأحد المسارين يعرف بالتزجيج (التحويل لزجاج) ، وفيه يجعل فائض البلوتونيوم أكثر ضمانا بخلطه بنفايات نووية عالية الإشعاع فى قالب زجاجى مغلف بالصلب ثم يدفن فى مستودع جبل يوكا . أما فى المسار الثانى فيحول البلوتونيوم الصالح للأسلحة إلى وقود للمفاعلات النووية بالولايات المتحدة . وفى ظروف التشغيل العادية، يُمزج وقود البلوتونيوم مع نفايات نووية عالية الإشعاع ويمكن بعدها دفنه فى نفس المستودع . وعلى الرغم من أن روسيا قد أظهرت اهتماما قليلا بالتزجيج ، إلا أن لديها خططا لاستخدام فائض البلوتونيوم فى المفاعلات الخاصة بها .

على أن التكلفة تعد عاملا أساسيا . من الممكن أن يخفف اليورانيوم الصالح للأسلحة بيورانيوم طبيعى لاستخدامه كوقود عادى للمفاعلات ، بما ينتج عنه مكسب تجارى خالص . إلا أن تكلفة تحويل البلوتونيوم الصالح ،

كرأس حربى إلى وقود للمفاعلات تزيد زيادة لها قدرها عن تكلفة إستخراج اليورانيوم من المناجم وتنقيته وإثرائه وإعداده من نقطة البداية . وبالتالي ، فإن شركات القطاع الخاص التى تشارك فى أعمال الطاقة النووية ستكون فى حاجة لإعانات حكومية . وإذا كانت إدارة بوش قد رفضت (بما هو صائب) اقتراحا بانفاق ٦ بلايين دولار لتحويل فائض البلوتونيوم إلى وقود مفاعلات، إلا أنها غير راغبة فى النظر فى أمر طريقة التزجيج الأرخص. وفى الوقت نفسه تصمم روسيا على الإبقاء على ما لديها من بلوتونيوم صالح للأسلحة لاستخدامه فى المفاعلات المولدة ، وبالتالي فإنها تنتج حتى المزيد من فائض البلوتونيوم .

من الواضح أنه من صالح الولايات المتحدة وحلفائها العمل بأسرع ما يمكن على تقليل اتاحة الوصول للبلوتونيوم الروسى الصالح للأسلحة . ويجب على الولايات المتحدة ، من الوجهة الاقتصادية والاستراتيجية والسياسية ، أن تتخذ دور القيادة فى أى نظام لعدم انتشار الأسلحة النووية ، وإن كان من الممكن ان نتوقع من حلفائها الاقتصاديين أن يقوموا بالمشاركة. وإدارة بوش مستعدة لأن تتفق أكثر من ١٠٠ بليون دولار على الدرع الواقى من الصواريخ الباليستية . وفى رأينا أن ما يوجد حاليا من مواد نووية سائبة يمثل خطرا على الأمن القومى أعظم كثيرا من احتمالات صواريخ الدول المارقة . ونحن نرى أنه تقع إدارة بوش مسئولية أكبر كثيرا فى أن تراجع أولوياتها وتدعم إجراء وقائيا " للتعاون فى الإقلال من التهديد"^(٣) الأمر الذى له تكلفة بثمان أقل بما له قدره .

1. National Energy Policy: Report of the National Energy Policy Development Group, May 2001. For sale by the superintendent of documents, U.S. Government Printing Office ISBN0-16-050814-2. It is also available at <http://www.whitehouse.gov/energy/National-Energy-Policy.pdf>.
2. B. M. Blechman, Lee Butler, R. L. Garwin, W. R. Graham, W. Schneider, L. D. Welch, P. D. Wolfowitz, R. J. Woolsey, and D. H. Rumsfeld. Executive Summary of the Report of the Commission to Assess the Ballistic Missile Threat to the United States. July 15, 1998, available at <http://www.fas.org/rlg>.
3. These reflect positions in our book, Megawatts and Megatons: A Turning Point in the Nuclear Age? (New York: Alfred A. Knopf, 2001). Additional material, such as that provided here, is available at <http://www.aaknopf.com/authors/garwin/>. In December 2002, the University of Chicago Press Published the book as Megawatts and Megatons: The Future of Nuclear Power and Nuclear Weapons.

الدارى DARI

وحدة قياس مناسبة للتقدير العملى لتأثير
الجرعات الصغيرة من الإشعاع المؤيّن

جورج شارباك

و ريتشارد ل. جاروين

إذا كانت خدمة مصلحة الجماهير واجبة ، فإن من الضروري أن يتوافر بين أوسع قدر من الجمهور فهم أوضح للتأثيرات الصحية للمواد المشعة التى تنشأ عن الصناعة النووية . على أنه حتى ما يوفر للجمهور من معلومات واضحة مستمرة عن جرعات الإشعاع الناتجة عن الصناعة لن يكون وافيا للفهم الصحيح والبديهى للمخاطر النسبية - وسبب هذا فى جزء منه أن التعرض للإشعاع يعبر عنه بوحدات يصعب فهمها على غير المتخصصين .

ونحن نطرح انشاء وحدة لجرعة الإشعاع بالنسبة للفرد تساوى الجرعة التى يتعرض لها الفرد من البشر عن طريق ما يحدث طبيعيا من إشعاع من الأنسجة البشرية وهى : وحدة الدارى DARI، وهى مخصصة من الأحرف الأولى للكلمات الفرنسية .

“Dose Annuelle due aux Radiations Internes” - الجرعة السنوية للإشعاع الداخلى .

يرجع هذا الإشعاع فى ٩٠ فى المائة منه إلى البوتاسيوم ٤٠ (بوت)، وله عمر نصف من ١,٣ بليون سنة ، وبوت ٤٠ كان موجودا فى الغبار الكونى الذى تشكلت منه الأرض منذ ٤,٥ بليون سنة .

يصل مقدار الدارى إلى أقل من ١٠ فى المائة من الإشعاع الطبيعى الذى يتعرض له الجسد ، وهو اشعاع ينشأ عن الإشعاع الخارجى من الصخور ومن الأشعة الكونية . سيؤدى استخدام هذه الوحدة للتعبير عن جرعة الاشعاع التى يتعرض لها الفرد من حدث أو حادث تدخل فيه مواد مشعة ، سيؤدى إلى تسهيل إصدار حكم صحيح عن تأثيره ، و إلى تجنب أوجه القلق غير المبررة .

مقدمة

تلعب وحدات القياس دورا مهما فى العلوم الطبيعية إذ تتيح إداركا أسهل لتراتب حجم البنود التى تقاس . وهكذا تُتخذ فى الهندسة وحدات المتر والكيلوجرام والثانية . أما بالنسبة للمجالات التى تكون فيها مرتبة حجم ما يُدرس صغيرة جدا أو كبيرة جدا ، فيكون من الضرورى ادخال وحدات مساعدة تتلاءم مع الممارسة اليومية. وبالتالي يحدث فى علم الفلك أو فى المجال الميكروسكوبى أن نستخدم حسب الترتيب وحدات السنة الضوئية^(١) أو الأنجستروم^(٢) والنانومتر^(٣) .

زاد استخدام الإشعاع المؤيّن زيادة هائلة خلال العقود الأخيرة من السفين . وحدث ما يناظر ذلك من تطور فى وحدات قياس كثافة مصادر بث الإشعاع وتقييم تأثيرها فى البشر.

أدى ما يوجد من حساسية قصوى فى أجهزة قياس النشاط الإشعاعى، التى تكشف حتى عن اضمحلال ذرة واحدة ، أدى بممارسى العلم

^(١) السنة الضوئية المسافة التى يقطعها الضوء فى سنة وهى $9,5 \times 10^{11}$ كيلومتر. (المترجم)

^(٢) الأنجستروم وحدة من 10^{-10} مترا تستخدم للتعبير عن أطوال موجات الضوء والأشعة والمسافات الذرية. (المترجم)

^(٣) النانومتر يساوى 10^{-9} متر أو جزء من البليون من المتر. (المترجم)

فى مجالاتهم المتخصصة، إلى أن يتعاملوا مع أرقام فيها عدد له قدره من الأصفار. وهكذا فإن وحدة البيكريل (Bq) تقيس كثافة مصدر يحدث فيه أن تضمحل فى المتوسط ذرة واحدة فى كل ثانية ؛ وهو يستخدم لمصادر الإشعاع الضعيفة . أما الميجا كورى فكثيرا ما يستخدمه المهندسون الذين يتعاملون مع النفايات الذرية ؛ والكورى (Ci) هو كثافة مصدر يحدث فيه أن تضمحل ٣٧ بليون ذرة فى كل ثانية - وبالتالى فهو يساوى 3.7×10^{10} بيكريل.

تقييم تأثير الإشعاع فى الجسم البشرى يتضمن أسئلة أكثر تعقيدا . وتؤدى طبيعة الإشعاع المؤيّن - أى جسيمات ألفا وبيتا وجاما والأيونات الثقيلة - إلى أن تجعل من الضرورى أن نضع فى الحسبان التنوع الكبير فى تخلف الطاقة عبر مسار الجسيم وفى فعاليتها فى إحداث اضطراب فى المادة الوراثية للخلايا الحية . ومازالت الميكانيزمات التى تشارك فى هذه التأثيرات موضع خلاف ، ومازال مما يثير النقاش ما إذا كان هناك وجود لعبّة من مقدار معين لإحداث الضرر .

وحدات الإشعاع الحالية

هناك وحدات متفق عليها (يستخدمها شتى الأفراد والجماعات ممن يجب عليهم إصدار القرارات فيما يتعلق بالجرعات المقبولة من الإشعاع) تُستخدم عند الجمهور عموما وكذلك عند من يعملون فى المجال العلمى ، وتتأسس هذه الوحدات على الطاقة التى تتخلف عن الاشعاع المؤيّن . إلا أن هذه الوحدات تكاد تكون غير مفيدة فى توفير تقدير بديهى لطبيعة الإشعاع ومخاطره . دعنا نلاحظ فحسب فيما يتعلق بذلك ، أن جرعة الإشعاع المميّنة للإنسان تتطلب أن تتخلف عنها طاقة ترفع درجة حرارة الجسم بما لا يزيد عن جزء من الألف من الدرجة .

ووحدة الجراى (Gy) تطابق تخلف طاقة من جول^(١) واحد لكل كيلو جرام من النسيج الحى . ويأخذ المرء فى الحسابات الحساسيات المختلفة للأعضاء البشرية المختلفة بأن يوزن مقدار تخلف الطاقة حسب معامل للفعالية ، الأمر الذى أدى إلى تعريف وحدة السيفرت^(٢) (Sv) . وأخيرا على الرغم من وجود اتفاق معقول على أن الجرعة المميّنة هى أربعة أو خمسة سيفرت للفرد من البشر، إلا أن السلطات التنظيمية تفسر الحقائق المتاحة من إحداث حالة سرطان مميّنة بجرعات منخفضة من الإشعاع على أنها تؤدى إلى أن يكون هناك احتمال لحالة سرطان تكون لها علاقة خطية بالجرعة ، دون عتبة محددة لمقدار مضر بالانسان . وعلى وجه التحديد ، فإن هناك معامل يبلغ ٠.٤ ، من احتمال للسرطانات المميّنة لكل وحدة سيفرت من اشعاع للجسد كله . ويتيح هذا المعامل توصيف مستويات الإشعاع التى يُسمح بها بأنها تلك المستويات التى لها احتمال خطر مقبول بالنسبة لمختلف أنواع السكان عند وزنها إزاء ما يحدث من فوائد للاقتصاد أو للصحة العامة ، وذلك عندما يُستخدم الاشعاع مثلا لتشخيص أو علاج الأمراض .

اقترح وحدة جديدة ترتبط بالاشعاع

الذى يتعرض له الجسم البشرى من

من مصادر الإشعاع الطبيعية الخاصة به : الدارى

نحن نقترح طريقة تناول قد تؤدى إلى تقدير أكثر بداهة لتأثير جرعات الإشعاع الصغيرة . توفر الوحدة التى نقترحها تكوين فكرة بطريقة جد مباشرة عن المخاطر التى تترتب على مستوى معين من الإشعاع . وهى وحدة لها فاعلية بما يماثل الوحدات التى تستخدم حتى الآن ، والتى يمكن أن

^(١) الجول وحدة للطاقة والشغل والحرارة تساوى الشغل الذى يتم عندما تتقدم قوة مقدارها نيوتن

واحد بنقطة تطبيقها لمسافة متر واحد . والجول الواحد يساوى ١.٠ إرج . (المترجم)

^(٢) السيفرت : وحدة إشعاع تكافئ جول واحد لكل كيلو جرام . (المترجم)

تتسبب لها الوحدة الجديدة على نحو دقيق. نحن نقترح وحدة الدارى. ومقدار هذه الوحدة قريب من الإشعاع الذى يخبره أحد الأفراد خلال سنة واحدة ، كنتيجة للإشعاع الذى تبثه المواد النشطة اشعاعيا الموجودة فى الجسم البشرى وليس لها علاقة بأى نوع من العمل . ويحدد الدارى بدقة بأنه ٠,٢ مللى سيفرت ، وإن كانت الجرعة السنوية ذاتها أقل بما يقرب من ١٠ فى المائة .

هناك مادتان مشعتان أساسيتان تسهمان فى هذا الإشعاع الداخلى وهما بوبو ٤ (نظير طبيعى للبولتاسيوم يشكل عنصرا دائما فى الأنسجة الحية) والكربون ١٤ (ك^{١٤}) الذى يتكون فى الهواء بواسطة الأشعة الكونية ويوجد فى كل الكائنات الحية .

ونحن نفضل هذا المعيار من الإشعاع الداخلى عن المعيار الذى يمثل متوسط ما يتعرض له الإنسان من إشعاع من كل المصادر الطبيعية - والذى يصل إلى مستوى أكبر بعشرة أمثال . وهذا المقدار الإجمالى يختلف حسب الجغرافيا والارتفاع اختلافا كبيرا بما يجعل هذا المقدار غير مفيد كمعيار معقول .

ينبع اهتمامنا بمعيار الدارى من حقيقة أننا نجد أنه حتى الإشعاعات الأضعف كثيرا من هذا التعرض الداخلى يثور من حولها خلاف بلا طائل ويمكن أن يحرف من خيارات حاسمة . كان يحرف من الخيارات المتعلقة بالإمداد بالطاقة لقرون قادمة.

سوف نناقش أولا بأسهاب أصل هذا الإشعاع الداخلى ، الأمر الذى سيتيح لنا أن نقدر بسهولة مقياسا لأحداث أو حوادث معينة تتعلق بالقوة النووية .

المصادر الطبيعية للإشعاع الداخلى والخارجى

تشكل كوكبنا بتجمع الغبار من النجو الميتة . وقد تكونت كل العناصر الكيميائية التى تكوّن الأرض من خلال تفاعلات نووية حدثت خلال كل حياة هذه النجوم . وهناك عناصر معينة مشعة يبلغ متوسط عمرها مئات الملايين أو آلاف الملايين من السنين تبقى موجودة دائما .

يلعب كل من اليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم دورا مهما فى تشكيل اللب المصهور للأرض . وقد أدت طاقة إشعاعاتها إلى أن تصهر وتبقى الكرة المنصهرة من الحديد - النيكل التى يبلغ قطرها ما يقر من ٣٥٠٠ كيلو متر ، والتى تشكل قلب كوكبنا .

توجد هذه النفايات المشعة الأولية فى كل مكان فىنا . وبو ٤٠ ، النظير الطبيعى للبوتاسيوم له عمر نصف من ١,٣ بليون سنة . وهو يتخلل الكائنات الحية ، ويستضيف الجسم البشرى الذى يزن ٧٠ كيلو جرام ما يقرب من ٦٠٠٠ بيكريل - أى ٦٠٠٠ اضمحلال لكل ثانية .

اليورانيوم واسع الانتشار فوق الأرض وهو يكون ما يقرب من ثلاثة أجزاء من المليون من القشرة الأرضية . ووجوده فى الصخور يسهم بجزء له قدره من الإشعاع الطبيعى الذى يتعرض له البشر . وهو يسهم أيضا فى ذلك بواسطة النشاط الإشعاعى لأحد العناصر الموجودة فى سلسلة اضمحلاله - أى الرادون ٢٢٢ (عمر النصف ٣,٨ من الأيام) ، وهو غاز نبيل يبيت جسيمات ألفا . والرادون هو وأبناؤه من العناصر المشعة مسئولون عن أكثر من نصف الإشعاع الطبيعى الذى يتعرض له البشر ؛ توصى حكومة الولايات المتحدة بتهوية البيوت تهوية فعالة للإقلال من مستوى الرادون المنبعث من مواد البناء أو من التسرب من الصخور القابعة فى أسفل.

الطاقة النووية والصحة العامة

أصبح لليورانيوم أهمية خاصة منذ اكتشاف الطاقة النووية . ويمكن عن طريق انشطار اليورانيوم في مفاعل نووي استخلاص قدر من الطاقة من اليورانيوم المأخوذ من أى جزء معين من القشرة الأرضية وكأنه فحم خالص.

وينتج بالطبع عن تكلفة استخلاص اليورانيوم من رواسب ضئيلة هكذا، أنه يتم حاليا الحصول عليه من الرواسب القليلة جدا للنوع الأرضي من خامات ركازه - والتي يتراوح ما بها من اليورانيوم بالوزن بين ٠,١ في المائة إلى ١٤ في المائة . على أنه قد اتضح من الدراسات أنه يمكن الحصول على اليورانيوم من مياه البحر (حيث يشكل فقط ما يقرب من ثلاثة أجزاء من البليون بالوزن) وذلك بتكلفة تزيد حاليا بخمسة عشر إلى خمسين مثل فقط عن التكلفة المطلوبة للحصول على اليورانيوم من أماكن ترسبه ، والذي يُستخدم الآن لتغذية محطات القوى النووية . وبالتالي فإن استخلاص اليورانيوم من مياه البحار يطرح مصدرا بتكلفة محتملة وإمدادا لوقود القوة الانشطارية هو عمليا إمداد بلا حدود .

نحن يتهددنا في المستقبل على مدى بعيد بدرجة أو الأخرى، أن تُستنفد مصادر الطاقة المبنية على الوقود الأحفوري ، وبالتالي فإنه يحق لنا أن ننظر أمر الدور الرئيسي الذي يمكن أن تلعبه الطاقة النووية . ويصدق هذا بالذات عندما نضع في الاعتبار تزايد ظاهرة بيت النباتات نتيجة انبعاث ثاني اكسيد الكربون إلى الجو بواسطة الاحتراق المعتاد للفحم ، أو البترول ، أو حتى الغاز الطبيعي . إلا أنه ينتج عن الكمية الهائلة من النشاط الإشعاعي الناجمة في سياق إطلاق الطاقة بواسطة الانشطار ، أن تنشأ على نحو حتمي أسئلة وهواجس من قلق حول الخطر الذي يتعرض له جيلنا والأجيال المقبلة عند نشر القوى النووية على نطاق واسع .

تتوقف درجة تقبل القوة النووية على ما يوجد من موارد للبلاد المنفردة ، ولكنها تتوقف أيضا على عمل تقييم واقعى لمخاطر ومشاكل المصادر المختلفة البديلة للطاقة التى يتعرض لها النوع البشرى . وتزيد صعوبة اتخاذ القرارات بما يحدث أحيانا من منازعات ذات طابع لا منطقى فيما يتعلق بما يصيب أفراد البشر من تأثيرات بفعل الإشعاع المؤين بمصادره المختلفة والذي سنتعرض له، طوعا أو كرها.

إحدى المشاكل الرئيسية الموجودة الآن فى التو بالنسبة للصناعة النووية هى أن عليها أن تثبت أنها قادرة على العناية بأمر النفايات المشعة الناجمة عن محطات القوى النووية بطريقة مرضية لعدة أجيال قادمة ، وأنها قادرة على التخلص عمليا من أى إمكان لكارثة كبرى مثل كارثة تشيرنوبل فى ١٩٨٦ .

حتى نصدر حكما سليما على مختلف ما يطرح من إجراءات لفعل ما، سيكون من المفيد أن نضع فى الحسبان الإشعاع الذى يتعرض له البشر لأسباب مستقلة عن الطاقة النووية .

الأهمية النسبية لمصادر الإشعاع الطبيعية ، الداخلية أو الخارجية
يشكل الإشعاع الصادر عن مصادر داخلية الأرضية المطلقة التى يستحيل النزول إلى ما هو أقل منها . اما الإشعاع الطبيعى بوجه عام ، وهو أكبر بعشرة أمثال من المصادر الداخلية ، فيمثل المستوى الذى ينبغى أن نرجع إليه لتقييم ما يفرض من حدود على التعرض للإشعاع من الصناعة النووية ، ولتقييم مدى خطورة الأحداث أو الحوادث . سوف نفحص الآن أمر مصادر عديدة تسهم فى الإشعاع الطبيعى ، مستخدمين وحدة الإشعاع السيفرت أو جزء من الألف منها - أى مللى سيفرت . تطلق الأشعة الكونية رذاذا على الأرض وتثير تفاعلات نووية فى أعالي الجو تنتج عن البروتونات النشطة للأشعة الكونية . وتسهم الأشعة الكونية عند مستوى

سطح البحر بمقدار من الإشعاع يصل سنويا إلى ما يقرب من ٠,٥ مللى سيفرت . تتزايد كثافة هذا الإشعاع بالارتفاع ، وهذا يسهم بمزيد من الإشعاع فى السنة بالنسبة لطواقم الطيران بما يعلو على ما هو مسموح به قانونا للعاملين فى الصناعات النووية - أى ٥٠ ميللى سيفرت لكل سنة .

تحول الأشعة الكونية النيوتروجين الموجود فى الجو إلى كاربون مشع - أى ك^{١٤} وله متوسط عمر نصف من ٥٠٠٠ سنة . يوجد ك^{١٤} فى الجو فى شكل ثانى أكسيد الكربون . وإذا تدمجه النباتات فى أنسجتها ، فإن ك^{١٤} يتخلل كل الأشياء الحية ، ومعه بوبو ٤٠ الموجود منذ نشأة الأرض مما يسهم بأهم جزء من الإشعاع الداخلى واصعب الأجزاء فى تجنبه . وبالنسبة لشخص يزن ٧٠ كجم، يسهم ك^{١٤} بما يقرب من ٤٠٠٠ بيكريل ؛ وهذا مع ٦٠٠٠ بيكريل من بوتاسيوم ٤٠ يجعل لدى كل فرد. نشاط إشعاعى من ١٠٠٠٠ بيكريل فى المتوسط للإنسان . وعندما يؤخذ فى الحسبان الفعالية البيولوجية النسبية لهذا الإشعاع على الأعضاء المختلفة ، فإن هذا المصدر الذى يبلغ ١٠٠٠٠ بيكريل يسهم بما يقرب من ٠,١٧ مللى سيفرت لكل سنة. وفيما يعرض فان هذا القدر من ٠,١٧ مللى سيفرت فى السنة يكون هو نفسه بالنسبة للطفل أو البالغ أيا كان الوزن ، حيث أن ما يقيسه السيفرت هو الطاقة المتخلفة لكل كيلوجرام - أى جول واحد لكل كيلوجرام .

دعنا الآن نقارن هذا المستوى بالإشعاع الكلى الذى يتعرض له البشر من المصادر الطبيعية الأخرى ، والذى يصل إجماله كما ذكرنا لما يقرب من ٢ مللى سيفرت فى السنة . يلزم للمرء أن يأخذ فى الحسبان إشعاع التربة التى تحوى مواد مشعة بدرجة أو أخرى - وأخصها البوتاسيوم واليورانيوم . يوجد فى فرنسا نسبة تباين بعامل من ثلاثة ، ابتداء من ١ مللى سيفرت فى ضواحي باريس ، حتى مقادير من ٣ مللى سيفرت فى بريتانى . يوجد فى كوكبنا مناطق واسعة مأهولة حيث الإشعاع الطبيعى أعظم كثيرا . وبالإضافة

إلى التعرض للإشعاع من الصخور ، هناك النشاط الإشعاعي الذي يرجع للرادون ، ولكثافة الأشعة الكونية التي تختلف بالارتفاع.

يصل الإشعاع الطبيعي الذي يتعرض له مواطنى الولايات المتحدة فى المتوسط إلى ما يقرب من ٢,٥ مللى سيفرت لكل سنة ، بما يماثل المتوسط فى فرنسا، ويجب أن يضاف إلى ذلك الإشعاع الذى يرجع للمواد الطبية التشخيصية - ويصل إلى ١ مللى سيفرت لكل سنة . مقدار تباين الإشعاع الطبيعى بفرنسا ، بما يقرب من ١ مللى سيفرت فى السنة ، يفوق الحد الذى يفرضه القانون لتعرض السكان المدنيين لإشعاع من الصناعة النووية . وحتى الآن ليس فى الامكان أن نبرهن عند هذا المستوى على وجود تأثير فى الصحة العامة ؛ فليس هناك دليل مباشر على أى ضرر يسببه إشعاع بهذا القدر .

يبدو لنا أن من المنور أن نختار كوحدة عملية للإشعاع وحدة قريبة لما ينجم عن الإشعاع الذى لايمكن تجنبه والذى يبثه بـ ٤٠ و ك^١ فى الجسم، ويصل إلى ٠,١٧ مللى سيفرت لكل سنة ، وهو إشعاع يوجد على نحو متسق تماما بين سكان العالم . وقد جعلنا هذا رقما مستديرا من ٠,٢٠ مللى سيفرت لكل سنة وأسميناه "الدارى" . وحسب ما ذكرته اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع ، فإن التعرض لدارى واحد يصل بنا إلى احتمال للتعرض للسرطان المميت قدره ١٠ أجزاء من المليون الواحد . وإذا كان السرطان المميت يناظر تقصير أمد الحياة بعشرين سنة ، فإن كل دارى يكلف الفرد ساعة من الزمن المتوقع للحياة . هذه الحسابات يرفضها البعض ممن يعتقدون بوجود عتبة بحيث إذا كان الإشعاع أقل منها فإنه لا يضر . وفى أى من الحالين ، فإن تكلفة من ساعة لكل سنة لهى رخيصة كئمن ندفعه لأن يوهب لنا جسد يُورث من النجوم والأشعة الكونية .

يصل التباين الطبيعي من مكان لآخر لما يقدر بخمس من وحدات الدارى أو أكثر . ومع ذلك ينبغي ألا نؤيد إضافة ولو دارى واحد إلى حمل الفرد من الإشعاع إلا بعد أن ننظر أمر مزايا ذلك لهذا الفرد والمجتمع . يبرهن جدول (١) على الأهمية النسبية للمصادر المختلفة المنتشرة للإشعاع .

عندما يُفرض على عامل فى الصناعة النووية أن يتعرض إلى ٢٥٠ دارى، فإن هذا يناظر أن يقل عمره المتوقع بمقدار (٢٥٠ ساعة) بما يساوى ما ينتج عن تدخين خمس لفافات من السجائر فى كل يوم خلال العام نفسه .

ينبغي أن نقارن بين هذا الخطر للإصابة بالسرطان بالنسبة لعامل يتلقى أقصى جرعة مسموح بها فى الصناعات النووية وبين المخاطر المهنية المصاحبة للأنشطة الصناعية أو التجارية الأخرى . وكمثل ، فإن قيادة سيارة فى حركة المرور تعرض السائق لأدخنة العادم المسرطنة (وخاصة المواد الدقيقة الحجم) بنسبة خطر أكبر للإصابة بالسرطان .

وقد رأينا مؤخرا فى فرنسا مناقشات عنيفة حول الإطلاق العارض للإشعاع الذى يكون تأثيره أقل من جزء من المائة من وحدة دارى ، بما يعرض فحسب جزءا محليا من السكان لهذا التراكم الدقيق للإشعاع .

يضع الدارى هذه المناقشات العنيفة فى حجمها الصحيح ، حيث أن تأثيرها فى المشهد السياسى وفى وسائل الإعلام له حجم لا يتناسب فى كبره مع مادة النقاش . وينبغي أن يتركز الخلاف فيما يتعلق بالطاقة فى المستقبل على المشاكل التالية :

• ماهى المخاطر الحقيقية والنسبية لمصادر الطاقة المختلفة المتاحة الآن للبشرية ؟

• ما هى الخيارات ، بعد استنفاد إمدادات الطاقة الأحفورية ؟

نحن نتوقع أن يصل عدد سكان الأرض إلى ٩ بلايين انسان فى منتصف هذا القرن ، بالمقارنة بستة بلايين فى وقتنا هذا . يصل عدد السكان الذين يموتون من السرطان فى الدول الصناعية إلى ٢٠ فى المائة . ونجد أنه قد تحدد أن نصف مصادر السرطان تقريبا ترجع إلى أسلوب الحياة - التدخين ، الكحوليات ، السمنة ، الغذاء - وكلها كما يبدو يمكن تجنبها . ومن المعتقد أن ما يقرب من ٢ فى المائة من حالات السرطان تنشأ عن مواد مسرطنة تستخدم فى الصناعة أو تنشأ عن أدخنة عادم السيارات .

جدول (١) . الأهمية النسبية لمصادر الإشعاع المنتشرة المختلفة

الجرعة المتلقاة فى فرنسا من صناعات القوى النووية	٠,١ دارى
التربة فى ضواحي باريس	٥ دارى
الأشعة الكونية عند مستوى سطح البحر (تريد بالارتفاع بمقدار دارى واحد لكل ٥٠ متر)	٥ دارى
متوسط تصوير الأشعة التشخيصي (*)	٥ دارى
الحد المئب لتعرض الجمهور لإشعاع من الصناعات النووية	٥ دارى
التربة فى بريتانى	١٠ دارى
التعرض مرة واحدة للتصوير المقطعى CAT scan	٤٠ دارى
الجرعى القصوى السنوية للعامل فى الصناعات النووية	٢٥٠ دارى
الجرعة الممينة للإنسان المتوسط	٢٥٠٠٠ دارى
الجرعة التى تعطى كإشعاع محلى لعلاج السرطان	٣٠٠٠٠٠ إلى ٥٠٠٠٠٠ دارى

(*) المقصود بالدارى أن يمثل جرعة فعالة . وعندما يصل إلى الجانب الأيسر من الجسم جرعة من ٢ مللى جراى من أشعة جاما ، تكون الجرعة المكافئة (والفعالة) للجسم كله مللى سيفرت واحد أو ٥ دارى . وحسب الفرض الخطى لتأثيرات الجرعات المنخفضة للإشعاع ، ستتبع نفس كمية احتمال الإصابة بالسرطان كما لو كان قد وصل مللى سيفرت واحد للجسم كله - هذا مع أنه لو ظهر أى ورم فسوف يظهر فى الجانب

الأيسر فقط من الجسم . تتطبق طريقة تناول مماثلة على تأثير الجرعة التشخيصية الصغيرة لليود المشع - حيث سيقتصر تأثيرها على الغدة الدرقية ولكن هذا التأثير يمكن التعبير عنه بما يكافئه من جرعة للجسد كله وذلك بوحدات من المللي سيفرت أو الدارى .

يجب أن نتنبه لأن نقل إلى أدنى حد من كل هذه المخاطر ، خاصة أكثرها أهمية. والمخاطر التى ترجع إلى الإشعاع هى من المخاطر التى يسهل قياسها أكثر من غيرها ، ويجب أن نبقي مستواها عند الحد المقبول . وفيما يبدو فإن ما يناسب قياس ذلك هو وحدة قياس تضع فى الحسبان ما عند الانسان من إشعاع ذاتى طبيعى لايمكن تجنبه ، على أن نبقي نصب أعيننا أنه لم تتم مباشرة البرهنة على أن هذا الإشعاع له تأثير فى الصحة .

حسب المعايير الصارمة التى تستخدمها السلطات التنظيمية لتقييم تأثير الإشعاع على الصحة العامة ، سنجد أن الوحدة من الدارى تؤدي إلى تقصير العمر بما يقرب من ساعة واحدة لكل سنة . وبالتالي ، فإن الفرنسيين يفقدون ستة دقائق لكل سنة بسبب اعتمادهم على القوى النووية - وهذا بكل تأكيد أقل من نسبة خطر الفحم كبديل. على أنه يتبين من الجدول ان من الأمور التى لها أهمية له قدرها أن نقل من تعرض الفرد فى المتوسط للأشعة إكس التشخيصية ، وهذه الأشعة تؤدي حسب هذه الحسابات نفسها إلى تقصير الحياة بمتوسط من خمس ساعات لكل سنة .

بناء فهم الجماهير للعلم

مسألة ثقة

جوديث أ. رامالي

ألفت جين جريجورى هي وستيف ميلر كتابا دراسيا حديثا عنوانه "العلم عند الجماهير" (١٩٩٨) ناقشا فيه حقيقة أن العلماء وصناع السياسة يصممون الآن على أنه "يجب أن يفهم الجمهور العلم إذا كان لأفراده أن يكونوا مواطنين صالحين ، لهم القدرة على أداء وظيفتهم أداء صحيحا كعاملين وناخبين فى عصر تكنولوجيا". مالذى يعنيه فعلا الفهم الجماهيرى ؟
تنشر المؤسسة القومية للعلم كل سنتين تقريرا عنوانه "مؤشرات العلم والهندسة" (اللجنة القومية للعلم ٢٠٠٠) ، وفيه إجابة ضمنية عن السؤال على أساس ما يتوفر من بيانات ، وهى أن الفهم الجماهيرى يتضمن (١) الاهتمام بالعلم والتكنولوجيا والانتباه لهذه القضايا وإدراك أن العلم والتكنولوجيا يوجد فى كل منهما أوجه قوة وأوجه قصور باعتبار أنهما مشروعان بشريان ؛ و(٢) تفهم المفاهيم والمفردات العلمية والتكنولوجية ؛ و (٣) اتخاذ المواقف تجاه قضايا سياسة العلم والتكنولوجيا ؛ و(٤) استخدام شتى مصادر المعلومات العلمية والتقنية ابتداء من وسائل الإعلام المطبوعة حتى شبكة ويب (اللجنة القومية للعلم ٢٠٠٠).

ترى ما مقدار ما "يعرفه" مواطنونا فعلا عن العلم ؟ حسب "مؤشرات العلم والهندسة" (٢٠٠٠) نجد أن ما يقرب من ٢٠ فى المائة من البالغين فى الولايات المتحدة متتورين جيدا جدا بالمعلومات عن الاكتشافات العلمية الحديثة وعن استخدامات ما هو حديث من الاختراعات والتكنولوجيات ، وقد عبر معظم البالغين عن اهتمام بهذه المسائل . وليس غير ما يقرب من ٢٥ فى المائة فقط من الأمريكيين يفهمون طبيعة البحث العلمى فهما كافيا لأن يجعلهم يصدرن احكاما متتورة عن الأسس العلمية للنتائج التى يرد ذكرها

فى وسائل الإعلام. وليس هناك إلا ما يقرب من ١٤ فى المائة فقط من الأمريكيين يكونون متبهيين لقضايا سياسة العلم والتكنولوجيا ، إلا إذا حدثت أزمة من نوع ما تجذب انتباههم وقلقهم . يتلقى الأمريكيون معظم معلوماتهم عن قضايا العلم والسياسة العامة عن طريق برامج الأخبار بالتلفزيون وعن طريق الصحف (اللجنة القومية للعلم ٢٠٠٠) ، ولهذا فإن من المهم أن نفكر فى أمر الطريقة التى تُعرض بها القضايا العلمية من خلال هذه الوسائل الإعلامية وأن نفكر أيضا فى مدى حسن تهيئة المواطنين حتى يحكموا حكما نقديا على ما يرونه ويسمعونه .

من المهم أيضا أن نجيل الفكر حول موضوع جديد نسبيا وهو "التعلم بشبكة ويب" . تنتشر الآن تكنولوجيا الكمبيوتر والتوصل إلى الانترنت فى أماكن العمل ، والمواقع الجماهيرية مثل المكتبات والمتاحف والبيئات المنزلية، ومع هذا الانتشار يتزايد أيضا عدد الأفراد الذين يحاولون الحصول على معلومات محددة من شبكة ويب. والحقيقة أن ويب أخذت فى التحول إلى نوع من مكتبة جماهيرية . يقدر تقرير "مؤشرات العلم والهندسة، ٢٠٠٠" أن ما يقرب من ٨,٨ مليون فرد قد حاولوا العثور على بعض معلومات علمية من ويب ، بما فى ذلك معلومات عن قضايا مازالت قضايا خلافية إلى أقصى درجة فى هذا البلد - كالقوى النووية ، والهندسة الوراثية ، واستكشاف الفضاء . ما هو مدى استعداد مواطنينا لتمييز المصادر الصادقة للمعلومات عما يوجد من عروض سيئة غير مفيدة بل وخطرة تعرض لما هو موجود وما هو غير موجود ؟

عدم ثقة الجمهور بالعلم

لماذا تنعدم ثقة أناس كثيرين هكذا بالعلم ؟ هناك عنصر جديد قد أضيف إلى مفهومنا عن تعلم العلم ، وهو أهمية الاعتقاد والثقة بالعلم والعلماء وصناع السياسة الذين يصنعون القرارات بشأن القضايا التى لها

اساس علمى او تكنولوجياى . وعلى الرغم من أنه يحدث فى الأوقات الهادئة أن ٨٥ فى المائة من الأمريكیین يعتقدون أن حال العالم أفضل بسبب العلم (اللجنة القومية للعلم ٢٠٠٠) ، إلا أن الاختبار الحقيقى لما يعتقد الناس يتأتى عندما يكون الناس فى حالة رعب . حتى نفهم ديناميات الاستجابة الجماهيرية أثناء حالة رعب ، يمكن لنا أن نتحول إلى المملكة المتحدة ، حيث تم اختبار فهم الجماهير للعلم فى قضايا أثارت قلقا خطيرا ، مثل مرض جنون البقر والأغذية المعدلة وراثيا . ويقال عن المملكة المتحدة فى هذا الصدد ، كثيرا ما يلتقى العلم بالجماهير فى أوقات الأزمات . ويتم توجيه العلاقة بينهما على نحو سريع حاد بواسطة وسائل الإعلام، التى تؤكد على الانفعالات لتحل مكان "الحقائق" التى تكون غالبا نادرة . وعندما لا يتمكن العلماء من الاتفاق على حل لمشكلة علمية ، لن يكون مما يثير الدهشة أن يتحول الجمهور إلى الطول الأخلاقية أو العاطفية ليستطيع أفرادهم مواصلة حياتهم. ووجود مثل هذه البيئة العالية الشحنة يدفع كل من يشارك فى الأمر إلى إجراءات عملية متطرفة وإلى استقطاب فى الآراء ، وكثيرا ما ينتج عن ذلك انهيار كل من الثقة والتواصل بين السلطات السياسية والعلمية وبين الجماهير التى يزعمون أنهم يخدمونها . (جريجورى وميلر ٢٠٠٠)

أصدرت اللجنة المنتخبة للعلم والتكنولوجيا فى مجلس اللوردات فى سنة ٢٠٠٠ تقريرا عن "العلم والمجتمع" (مجلس اللوردات ٢٠٠٠) ويوثق هذا التقرير تغييرا واضحا فى طريقة تناول العلماء البريطانيين والرسميين الحكوميين تجاه المشاركة مع الجماهير حول القضايا العلمية . حسب ما يذكره ألان إيروين (٢٠٠١)، هناك تحول فى الاستراتيجية ، وبدلا من "توفير" الجمهور بالمعلومات أصبحت الاستراتيجية هى "الحديث" إلى

الجمهور ، وقد بدأ هذا التحول مع نشر تقرير اللجنة الملكية للتلوث البيئي فى ١٩٩٨ ، الذى يتخذ قدرا أعظم كثيرا من "الشفافية والانفتاح داخل مجال اتخاذ القرار " ويؤكد على أهمية مشاركة الجماهير بطريقة لها معناها فى فحص القضايا السياسية وتعيين القيم . وأسباب القلق التى ينبغى أن يتناولها صناع السياسة .

الحوار الذى يدور فى المملكة المتحدة عن الفهم الجماهيرى للعلم يتركز الآن على حاجة الجماهير لفهم الطبيعة الأساسية للايقين العلمى والطرائق التى يجرى بها سياق البحث العلمى . أدرك البريطانيون الضرورة المطلقة للانتباه لثقة الجماهير وحسن اعتقادها . وقد تعلموا أن الثقة لا يمكن اكتسابها عن طريق مجرد توفير المعلومات حول العلم وإنما عن طريق الحوار والنقاش المباشرين حول القضايا . ويشار إلى هذه المهمة بأنها "إحلال النموذج المعيب" (بمعنى فكرة أن من الضروري فحسب أن توفر للجمهور الحقائق وأن أفرادها سوف يفهمون ويوافقون على القرارات المؤسسة على المدخل العلمى) فنضع مكانه نمودجا من الأمانة ومن إحترام مصالح الجماهير وحاجتهم إلى بنية واضحة من الأخلاقيات والقيم تقع فى الأساس من الحقائق .

وكما يوضح تقرير مجلس اللوردات (مجلس اللوردات ٢٠٠٠) ، فإن " المعرفة التى يتم الحصول عليها بواسطة البحث العلمى ليس لها هى نفسها بعد أخلاقى ؛ إلا أن طرائق متابعتها ، والتطبيقات التى قد تستخدم فيها هى التى تتشارك حتميا بالأخلاقيات". ويمكن للمرء أن يحتاج أيضا بأن هذه الأبعاد الأخلاقية لها أساس عاطفى يفرض نفسه بقوة ويجب أيضا أن نتعامل معه . والكثيرون ممن يواجهون إحدى الأزمات يلتمسون الوصول للراحة والتخلص من مخاوفهم ، ولا يلتمسون الحقائق . وتقترح اللجنة المنتخبة لمجلس اللوردات أنه "عندما يعلن العلماء القيم التى فى الأساس من أبحاثهم،

وعندما يشاركون فى قيم ومواقف الجماهير ، فإنه يصبح من المرجح عندها لأبعد حد أن يسيطروا على دعم الجماهير لهم وأن يولدوا ثقتهم فيهم . ويجب على صناع السياسة أن يزنوا هذه المواقف والقيم فى تواكب مع وزنهم للاكتشافات العلمية".

أصدر مركز لندن للحكم الرشيد مشروع " بصيرة المواطن " الذى دمج فيه بين المشاركة المباشرة للمواطنين وبين الابتكار والعلم عند التعامل مع مستقبل الزراعة ومنظومة الطعام (إبرين ٢٠٠١) . تم اختيار إثنى عشر مواطن بريطانى عشوائيا ليحضروا معا عشرة اجتماعات اسبوعية للاستماع إلى البراهين التى تذكر لهم، ويسألوا أسئلتهم ، ويتوصلوا إلى استنتاجاتهم الخاصة بهم . ثم اختار أعضاء هذه اللجنة غير المتخصصة الموضوعات المعينة التى يرغبون فى فحص أمرها لمدى أبعد ، ودعوا شهودا خبراء ليتناولوا هذه المسائل، ثم توصلوا من ذلك لاستنتاجاتهم الخاصة . ولم تقتصر اللجنة على أن تدرس الحقائق وحدها وإنما درست أيضا القضايا الأخلاقية والعاطفية الأعمق التى تصاحب المسائل حول امدادات الطعام والتكنولوجيات الزراعية . يبرهن مشروع " بصيرة المواطن " على أن المعرفة العلمية يجب أن تتأسس على أساس من الأخلاق والأخلاقيات يرى الجمهور أن له شرعيته ويوافق عليه بإعتبار أن فيه استجابة لاحتياجاته ومصالحه .

الاستراتيجيات التعليمية لبناء تفهم للعلم

ما هى الاستراتيجيات التعليمية التى يمكن ان نستخدمها لبناء تفهم للعلم يكون صادقا من الوجهة العاطفية ، ويكون موثوقا به مثلما هو مفيد ؟ أصبحنا فى السنوات الأخيرة متعودين على الحديث عن أهمية ترويج فهم جماهيرى للعلم من خلال الطريقة التى يُعلم بها العلم فى المدارس . صدر حديثا تقرير فى مجلة "فيزيكس توداي" (الفيزياء حاليا) ، كتبه لوبيز وشولتز (٢٠٠١) وحاجا فيه بأن هناك ثورتين قد غيرتا طريقة تناول تعليم العلم فى

مرحلة الصفوف من الحضانة إلى الصف الثامن. إحدى هاتين الثورتين هي في أهداف تعليم العلم (فكرة أن العلم يكون لكل الأمريكيين)، والأخرى هي ثورة في طريقة تعليم العلم (ينبغي أن يكون العلم شيئا يفعله الطلبة ، وليس شيئا يفعل لهم) . وكما يطرحان ، فإن "فكرة أن تعليم العلم ينبغي أن يكون لكل الأطفال ، وليس فحسب لأفضلهم وأذكاهم ، فكرة تعكس تغيرا حديثا أساسيا في العلاقة بين العلم والمجتمع (لوبيز وشولتر ٢٠٠١) .

هناك مشروع ٢٠٦١ للجمعية الأمريكية لتقدم العلم ، وهو مشروع كثيرا ما يستشهد به كعلامة طريق مهمة لهذا التفكير الجديد حول دور العلم والمجتمع . يعلن مشروع " العلم لكل الأمريكيين " أن من الممكن بناء "جوهر مشترك لتعليم العلم والرياضيات والتكنولوجيا لكل الشباب ، بصرف النظر عن ظروفهم الاجتماعية وطموحاتهم بالنسبة لمستقبلهم المهني" (الجمعية الأمريكية لتقدم العلم ١٩٩٠) .

يوجه " مشروع ٢٠٦١ " بعض أوجه نقد خطيرة ضد طريقة تعلم العلم في معظم المدارس. وعلى الرغم من أن المشروع كُتب في ١٩٩٠ ، إلا أن هذا النقد مازال فيه ما يصدق كثيرا حتى الآن .

الكتب الدراسية للعلم هي وطرائق التعليم ، أبعد من أن يكون فيها ما يفيد، وكثيرا ماتعوق فعلا التقدم في تعلم العلم . وهي تؤكد على تعليم الإجابات أكثر مما تؤكد على استكشاف المسائل ، وتؤكد على الذاكرة على حساب التفكير النقدي ، وتؤكد على شذف وشذرات من المعلومات بدلا من الفهم من خلال سياق ، وتؤكد على التسميع أكثر من النقاش ، وعلى القراءة بدلا من الفعل . وهي تفشل في حث الطلبة على أن يعملوا معا ، وأن يشاركونا أحدهم مع الآخر بحرية في الأفكار

والمعلومات ، أو أن يستخدموا الأدوات الحديثة فى
توسيع قدراتهم الذهنية . (الجمعية الأمريكية لتقدم العلم
١٩٩٠).

ما من عجب أن الكثيرين من البالغين يتذكرون العلم كشئ يجب
تجنبه بكل ثمن وكثيرا ما يفشلون فى رؤية أى ارتباط له معنى بين العلم
وحياتهم الخاصة ومصالحهم الخاصة . وليس مما يدهش أيضا أن نجد فى
أوقات الأزمة والرغبة أن البالغين الذين تعلموا ما يعرفونه من علم بهذه
الطريقة يتحولون إلى واعظين روحانيين ويعتمدون على الإشاعات مهما
كانت بلا أساس ، بدلا من أن يلتمسوا المعلومات العلمية أو من أن يتحولوا
إلى العلماء طلبا للإرشاد والنصح .

الفكرة القائلة بأن العلم للجميع فيها عودة إلى فلسفة تخللت التعليم
العام فى أواخر القرن التاسع عشر . وحسب ما تذكره ديان رافيتش
(٢٠٠٠)، فإن المدارس فى ذلك العهد كان يعهد إليها بتعليم كل الأطفال إلى
مستوى رفيع . فرجال التربية فى ذلك العهد كانوا يؤمنون بأن أفضل طريقة
للإرتقاء بالمجتمع هى أن نقدم تعليما سليما لأكبر عدد ممكن من الأفراد . أما
فى القرن العشرين فقد حدث طول فترة ممتدة من التعليم المتوالى ، أن عمل
المصلحون على جعل المدارس أكثر اتصافا بأنها عملية ، وفيها مساواة
ومنفعة . وكان الشباب خلال معظم النصف الأول من القرن العشرين
يدخلون قوة العمل مباشرة بعد الصف الثامن أو بعد المدرسة الثانوية . وحاج
المصلحون بأنه لاجابة للشباب لأن يهذبوا ويدربوا عقولهم بدراسة اللاتينية
أو العلم أو التاريخ . فما يحتاجونه هو تعلم المهارات العملية . وتحتاج رافيتش
بأن النتيجة الخالصة لهذه الحركة هى نشأة نزعة قوية ضد النشاط العقلى فى
هذا البلد وعدم الثقة فى الخبراء من كل نوع . وتحركت الأمة بما يبتعد عن
أى مقرر دراسى أكاديمى قوى ، وذلك فيما عدا تلك القلة من الشبان - ومن

الشابات الأقل عددا - الذين كانوا يستعدون لدخول الكليات. وحسب ما تذكره رافيتش (٢٠٠٠) ، " كلما حدث تخفيف للمقرر الأكاديمي أو إقلاله لحد أدنى، خرج ذلك أعداد كبيرة من الأطفال من خلال النظام المدرسي دون الاستفادة من تعليم حقيقي . وإذا فقد المقرر الأكاديمي أهميته كالبؤرة الرئيسية لنظام المدارس العامة ، فقدت المدارس مرساتها، وإحساسها برسالتها، والتزامها الأخلاقي الشديد للارتقاء بكل طفل عقليا" .

نحن الآن قد درنا دائرة كاملة لنعود إلى فلسفة رجال التربية منذ قرن مضى . وكما أعلن في مشروع ٢٠٦١ ، فإن " مستقبل أمريكا - أي قدرتها على خلق مجتمع عادل حقا ، ومواصلة حيويتها الاقتصادية ، وبقاؤها آمنة في عالم تمزقه العداوات - أمر يعتمد أكثر مما في أي وقت سابق على خصائص ونوعية التعليم الذي توفره الأمة لأطفالها" (الجمعية الأمريكية لتقدم العلم ١٩٩٠) . ما هو نوع المقرر الدراسي الذي يمكن أن ينشر تعلم العلم ؟ سيحاج الكثيرون بأن المقرر المناسب يحتوى على "الدراسة المنهجية للغة والأدب ، والعلم والرياضيات ، والتاريخ ، والفنون ، واللغات الأجنبية ... وذلك من أجل توصيل ما هو مهم من المعرفة والمهارات ، وغرس الخيال الجمالى ، وتعليم الطلبة أن يفكروا تفكيرا نقديا تأمليا فى العالم الذى يعيشون فيه" (رافيتش ٢٠٠٠) ومن أجل مساعدة الطلبة على تعلم الفعل بأسلوب أخلاقي له مبادؤه ، واعين بمسئولياتهم إزاء أنفسهم وإزاء الآخرين .

ما الذى يتطلبه الأمر حتى نعدّ كل أفراد الشباب لحياة المواطنة والمسئولية الاجتماعية كما نعدّهم أيضا للنجاح فى أماكن عملهم التى يتزايد تشكّلها بواسطة العلم والتكنولوجيا ؟ من الحجج التى تذكر أن التفكير العلمى ممارسة نادرة ، كثيرا ما تكون مضادة للبداهة . ويطرح روبرت ماك كولى (بحث بلا تاريخ) أن "العلم يتطلب أشكالا من التفكير يجد أفراد البشر أن إتقانها أمر بالغ الصعوبة . والعلم ، بالنسبة لماك كولى هو نتاج وليس خبرة،

أى أنه العمل الجماعى لمجتمع من العلماء " نجد بالنسبة لهم أن جاههم وشهرتهم وثروتهم تتأتى فى جزء كبير منها عما يسنح لهم من فرص يتمسكون بها ليصحح الواحد منهم نظريات وملاحظات الآخر". ويعطى ماك كولى أسبابه لأن " هذه المعالم المجتمعية للمشروع العلمى تُرسى وتبقى على المعايير التى تحكم الممارسة العلمية وتضمن أنه على المدى البعيد يكون نتاج الجهد الجماعى للكل ، الذين ينزعون كأفراد للخطأ ، هو ما يُعتمد عليه بأكثر من أى محاولات فردية على المدى القصير" .

يطرح سام واينبرج (٢٠٠١) فى كتابه "التفكير التاريخى) تفسيراً مختلفاً لمشكلة الفهم الجماهيرى . وهو يعطى أسبابه لأن " التفكير التاريخى فى أعماق أشكاله ليس بالعملية الطبيعية ولا بالشئ الذى يبرز أوتوماتيكيا من الإرتقاء النفسى". ويحاج بأن الحفظ عن ظهر قلب للحقائق ولتواريخ وأسماء الشخصيات التاريخية أمر أسهل كثيرا من " تغيير البنى الذهنية التى نستخدمها لاستيعاب معنى الماضى " (واينبرج ٢٠٠١) . والتاريخ يصبح بين يديه ، مثلا لتحدى أى شكل من التفكير المنضبط ، ولتحدى أى عملية لالتماس ما يتجاوز سطح الموضوع للوصول إلى براهينه الأساسية على الحقيقة. يودى ما يوجد من تشابه بين حجج واينبرج وماك كولى إلى الاقتراح بأن من الغير المرجح للجمهور أن يفهم أى تفكير معقد إلا إذا اكتسب أفرادُه أثناء فترة التعليم الرسمى فهما أعماق لطرائق معرفة هذا المجال . وكما يطرح واينبرج الأمر ، فإن " المعلومات الجديدة كثيرا ما تكون غير منسجمة مع المعتقدات التى يوجد إيمان عميق بها" (واينبرج ٢٠٠١) . وإذا كان ما يحدث أثناء تعليمنا، أننا لا يُطلب منا أبدا تفحص هذه الافتراضات العميقة ، التى اكتسبناها مبكرا والتى نطبقها بلا تفكير على تحديات الحياة اليومية ، فإننا لن نستجيب للتبصرات والمعرفة التى تتولد عن أى من فروع المعرفة ، بما فى ذلك العلوم والرياضيات .

يستشهد واينبرج بالتفصيل بمقال لكارل بيكر عنوانه " كل فرد هو المؤرخ الخاص لنفسه" . والرسالة الأساسية فيه أننا كلنا مطالبون بأن نشارك بالتفكير التاريخي كل يوم - لنرى الدوافع الكامنة عند مؤلفي الكتب الدراسية التي نقرأها ، ولنستخرج الحقيقة من الرمال المتحركة للتلميحات - أى من نصف الحقيقة والزيف اللذين يتوعدان بابتلاعنا - ولنعيش مع معرفة أن اليقين يجب دائما أن يراوغنا (واينبرج ٢٠٠١) . وبالقياص بالمثل ، فإن كل واحد منا أيضا هو العالم الخاص بنفسه. ويمكننا أن نتعلم من دراسة التاريخ أو دراسة العلم أن نفكر ونعقل بطرائق راقية ، إلا أن التوصل إلى هذا الهدف ليس أمرا سهلا .

الطلبة الذين لا يمارسون قط "فعل" أى علم وإنما هم ببساطة "يقرأون" فقط عن العلم أو "يستمعون" فقط للمحاضرات يكون من المرجح أنهم سيكتسبون إحساسا باليقين بما هو معروف وانطبعا زائفا عما يكونه العلم وعن الطريقة التى يتم بها التوصل إلى المعرفة العلمية . والناس الذين يعتقدون أن العلم نتاج بأولى من أن يكون عملية بحث بلا نظام ، يمكن أن يصبحوا فى حال عميق من القلق عندما يلاقون وجها لوجه ضروب عدم اليقين والحجج الموجودة فى الجبهة الأمامية للعلم . وكثيرا ما يحدث لهم ذلك وهم فى وقت يحتاجون فيه أقصى الاحتياج لإجابات بسيطة واضحة عن أسئلة مثقلة بالعواطف . والناس فى مثل هذه الأوقات ربما يفضلون آراء أصدقائهم أو مستشاريهم الموثوق بهم على المعلومات التى يزود بها العلماء، خاصة عندما يكون هناك انقسام عميق بين العلماء حول إحدى القضايا، كما يحدث لهم كثيرا.

أفضل طريقة يتعلم بها الطلبة العلم هى أن يمارسوا فعله . ومن المهم أن (١) تتوفر خبرات حقيقية بممارسة فعل العلم خلال كل سنوات المدرسة ابتداء من مرحلة ما قبل المدرسة حتى مرحلة التعليم الجامعى ؛

و(٢) ربط المسائل التى يتم تناولها بواسطة الطرائق العلمية مع القضايا التى يهتم بها الطلبة ؛ و(٣) إدماج الفحص العلمى مع فروع المعرفة الأخرى حتى يستطيع كل الطلبة أن يعرفوا كيف يساهم العلم فى فهم أى مجال ، ويساوى ذلك أهمية أن يعرفوا كيف تساهم فى ذلك المجالات الأخرى فى العلم . وعندما يُربط العلم على نحو له معناه بالأشياء التى يهتم بها الشباب ، فإنه يصبح ممارسة بدلا من أن يكون نتاجا ينبغى حفظه عن ظهر قلب .

التعليم غير الرسمى للبالغين

حسب ما تقوله راشيل يونج (٢٠٠٠) ، فإن "النقطة الأساسية فى مشكلة تعلم العلم هى أنه بدون أدوات لتقييم جدارة الدعاوى المختلفة عن الحقيقة العلمية ، فإن الجمهور قد لا يستطيع تمييز العلم الثورى عن الدجل الصرف". ونجد فى أحدث تقرير عن مؤشرات العلم والهندسة ، أن ٣٦ فى المائة من المجيبين عن الأسئلة يعتقدون أن التتجيم علمى "جداً" أو أنه علمى "الى حد ما" . أحد الحلول الذى كثيرا ما يُقترح لعلاج هذا النقص المذهل فى فهم ما يكونه العلم وما لا يكونه هو أن نزيد من جودة طريقة تسجيل العلم فى الصحف كما نزيد مع ذلك من عدد القصص التى تظهر عنه فى الصحف. وقد ظهر مؤخرا تقرير آخر عن مركز أبحاث بيو للشعب والصحافة ، وتتشهد راشيل يونج بما ورد فيه من أنه من بين ٦٨٩ من القصص الجديدة عن العلم التى توبعت أقصى متابعة وثيقة خلال آخر خمسة عشر عاما، لا يوجد إلا ٣٩ قصة فقط لها بعض علاقة بالعلم أو الطب (يونغ ٢٠٠٠) . ومعظم القصص التى لها محتوى علمى كانت تدور حول الكوارث ، سواء من صنع الطبيعة أو الإنسان . والحقيقة أننا نجد أنه من بين ما يقرب من ١٧٠٠ صحيفة يومية تصدر فى هذا البلد ، هناك فقط ٣٠ منها على أقصى تغطى العلم تغطية روتينية ، وقد أخذ مقدار هذه التغطية يقل (اللجنة القومية للعلم ٢٠٠٠) . على أنه لا يوجد إلا أدنى قدر من الأدلة على أن التعرض

للمعلومات يؤدي في حد ذاته إلى أي فهم عميق للمعرفة العلمية أو إلى القدرة على دمج المعرفة العلمية بالطريقة الأفضل في صنع القرارات.

مع اضمحلال المعرفة التي تُكتسب من الخبرة التعليمية ، لابد وان تكون ثمة طرائق مستمرة لتعليم البالغين ما يحدث من تقدم في العلم والتمرس بحقائق البحث العلمي. إحدى هذه الطرائق هي عن طريق تعليم العلم بطريقة غير رسمية ، يصف جويل بلوم (١٩٩٢) مفهوم التعليم غير الرسمي بأنه الطرائق المختلفة التي يتعلم بها الناس خارج الحجرة الدراسية - أي بقراءة الكتب والمجلات ، ومشاهدة التلفزيون أو أفلام السينما ، وملاحظة العالم الطبيعي ، وزيارة أحد المتاحف . لا يُعرف إلا القليل جدا عما يتعلمه الناس بهذه الطريقة وما مدى جودة احتفاظهم بما يتعلمونه واستخدامهم له . على أنه من الواضح أن هذه الممارسات تتصف بأنها مباشرة ، وشخصية، وواقعية جداً . ويستطيع الناس في كل هذه الممارسات أن يتابعوا اهتماماتهم الخاصة ، وأن يستعرضوا ما يعرض لهم حتى يجدوا شيئاً يهمهم حقاً ، وينفقون فيه من الزمن بقدر ما يحبون ، وهناك بعض أدلة على أن التعليم الغني بالمحتوى العاطفي والمغزى الشخصي قد يظل باقياً لزمان أطول ويكون مفيداً بقدر أكبر. وباعتبار ما في المملكة المتحدة من عناية بالقيم (مجلس اللوردات ٢٠٠٠) وباعتبار المناقشات الأخيرة حول الذكاء العاطفي في الولايات المتحدة (بلوم ١٩٩٢) ، فإن هذه المسألة ينبغي سبرها بعناية أكبر .

يعتقد الكثير من العلماء الرأي القائل بأهمية التوصل إلى الجماهير من أجل "المساعدة على تشكيل الأسئلة التي توضع ، وتوفير تقديرات للظروف الحالية ، وتقييم النتائج المحتملة للسياسات المختلفة أو الخيارات الإدارية ، والإمداد بمعرفة للعالم ، وتنمية تكنولوجيات جديدة " (لوبشكنو ١٩٩٨) ، كما يحدث في نفس الوقت توصيل لما في هذه المواقف من أوجه

عدم اليقين وتنقيف للمواطنين بشأن هذه القضايا. ولا شك أن هذا مما سيلاقي ترحيبا أكثر من الدعوى الضمنية السابقة بأن حديث المرء عن أعماله فيه إرتكاب لخطيئة تعظيم الذات ، ومع ذلك فإن هذا التناول يتحاشى الإجابة عن السؤال عن الطريقة لضمان أن العالم يتحدث عن شئ يهتم به المواطنون حقا ويتوصل إلى ما يكمن فى الأساس من أسئلة عاطفية وشخصية نسألها جميعا حول ما تعنيه هذه الأشياء لنا ولعائلاتنا ومجتمعاتنا . درس جيمس ويبر (٢٠٠١) بعض الأمور الفعلية التى تحدث عندما يتحدث الناس عن مواضيع صعبة لها محتوى علمى أو تقنى . وي طرح ويبر بعض أفكار مثيرة للإهتمام حول طريقة تناول التواصل العلمى. فأولا ، من المهم أن ننظر إلى التواصل على أنه عملية من تفاعل متبادل وأنه التماس للفهم ، بدلا من أن يكون مجرد وسيلة لنقل المعرفة بدقة إلى الجمهور . ومن المحتم فى هذه العملية أن المعلومات لا تكون محايدة بالنسبة للقيم . فهى تكتسب دلالات ايجابية أو سلبية بما يعتمد على الطريقة التى يفسر بها المشاركون هذه المعلومات . وثانيا ، من المهم أن توضع المعلومات فى سياق موضوعى . فالتعميمات الجارفة تتجاوز استيعاب معظم الأفراد الذى لا يفكرن تفكيريا تجريديا . ولا يستطيع العلماء الذين يقومون بالتواصل أن يتوقعوا بسهولة كيف ستكون طريقة تلقى معلوماتهم. وغالبا ما تهيمن الخبرة الشخصية على المعلومات الأكثر تعميما، خاصة عندما تتناول ماهو احتمالات . وثالثا ، ما إن يُفتح باب النقاش حتى تترشح المعلومات من خلال الخبرة الشخصية والاحتياجات العاطفية للمستمع. والحوار الحقيقى هو وحده الذى يستطيع أن يكشف عن هذه العملية لصنع المعنى وأن يتناول أوجه اللبس التى قد تنتج . وبالإضافة ، فإن الأبحاث الحديثة عن التعلم قد بينت بوضوح تام أنه فى أى عمر ، لا يمكن تشرب المعرفة الجديدة ووضعها فى سياق إلا إذا استطاع المشارك أن يزيل النقاب عن المعرفة الأقدم " غير الصادقة" حتى ينبذها

(برانسفورد ١٩٩٨) . وهذا يتطلب أيضا عناية عند الاستماع وإجراء فحص شامل للأفكار .

الملخص

من الواضح جدا حاليا أن فهم الجماهير للعلم يتطلب ما هو أكثر من مجرد أن يقوم العلماء بنقل المعرفة نقلا آمينا لسائر الجمهور . فمن الضروري أن يوجد تفاعل أو تشارك فيه فائدة متبادلة ومشاركة أثناء مرحلة التعليم من الحضانة إلى الصف ١٢ وكذلك أيضا في مرحلة التعليم الجامعي ومرحلة البالغين ، وذلك من أجل توليد حس بالثقة وإتاحة تفحص للمعتقدات العميقة التي تعوق تشرب المعلومات الجديدة التي يولدها العلماء . يتعلم معظم الناس بطريقة أفضل عندما يتمكنون على نحو مباشر من التمرس بالعملية التي يتولد بها العلم وأن يتعلموا بأنفسهم ما الذي يدور العلم حوله حقا . عندما يكون تعلم العلم في شكل إعطاء إجابات محددة عن أسئلة الأفراد الآخرين، فإن المسرح يُعد بذلك لأن يجد المواطنون صعوبة لاعتناق قيمة العلم في حياتهم . وعندما يكون العلم غير مرضٍ عاطفيا ، فإنه سيفشل في تناول الأسئلة العميقة عن الهوية والخبرة الشخصية وسيتم نبذه مقابل تفضيل مصادر المعلومات والمشورة التي تقل عنه في جدارتها .

المراجع

American Association for the Advancement of Science. Project 2061. Science for All Americans. New Nork: Oxford University Press, 1990.

Bloom, Joel. "Science and Technology Museums Face the Future." Museums and the Public Understanding of Science, ed. John Durant. Science Museum in association with the Committee on the Public Understanding of Science, 1992.

Bransford. John D., Ann L. Brown, and Rodney R. Cocking.
How People Learn: Brain, Mind, Experience and School.
Washington, D. C.: National Academy of Sciences, 1998.

Goleman, Daniel. Working with Emotional Intelligence. New
York: Bantam Books, 1998.

Gregory, Jane, and Steve Miller. Science in Public.
Communication, Culture and Credibility. Cambridge,
Mass.: Perseus Publishing, 1998.

Gregory, Jane, and Steve Miller. A Protocol for Science
Communication. Posted at
www.ucl.ac.uk/sts/sm/scienceec.htm, 2002.

House of Lords Select Committee on Science and Technology.
Science and Society. London: The Stationery Office,
2000.

Irwin, Alan. "Constructing the Scientific Citizen: Science and
Democracy in the Biosciences." Public Understanding of
Science 10 (2001): 1-18.

Lpez, Ramon E., and Ted Schultz. "Two Revolutions in K-8
Science Education." Physics Today 54 (2001): 44-49.

Lubchenko, Jane. "Entering the Century of the Environment. A
New Social Contract for Science." Science 279 (1998):
491-97.

McCauley, Robert. Comparing the Cognitive Foundations of
Religion and Science. Atlanta, Ga.: Emory University
Cognition Project, Report # 37, n.d.

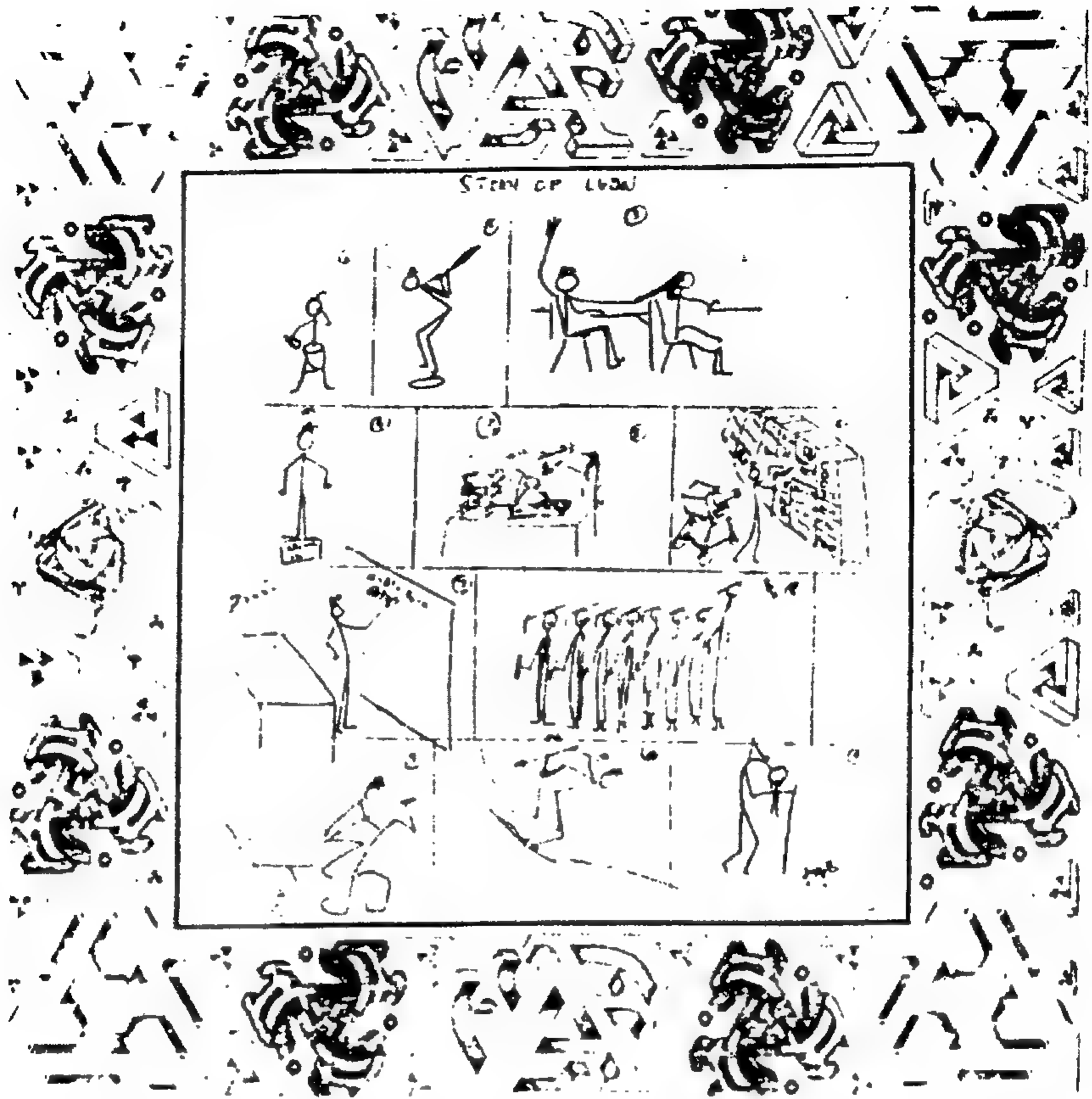
National Science Board. Science and Engineering Indicators.
Washington, D. C. : U.S. Government Printing Office,
2000.

Ravitch, Diane. *Left Back. A Century of Battles over School Reform.* New York: Simon and Schuster, 2000.

Weber, James R. "The Communication Process as Evaluative Context: What Do Nonscientists Hear When Scientists Speak?" *Bioscience* 51 (2001): 487-95.

Wineburg, Sam. *Historical Thinking and Other Unnatural Acts.* Philadelphia: Temple University Press, 2001.

Young, Rachel. "Whadda You Know?" *In The Sciences.* New York: New York Academy of Sciences, 2000.



قصة ليون : إننى أتذكر بوضوح مهاراتي المروعة فى تعلم الفيزياء التى يحتاج الأطفال من سن الصفر حتى السادسة إلى انجازها فى هذا العالم المعقد، مثل أن يتعلموا المشى منتصبى القامة والحصول على اللبن من زجاجته . ولحسن الحظ ، فإن مايلزم من كيمياء وبيولوجيا يتأتىان طبيعيا . وعند تطبيق مهاراتي لاحقا فى "نادى الصغار" وغيره من المؤسسات المشابهة التى صممت لتعذيب الأطفال قبل سن العشرية كان ما أصابته من نجاح أقل كثيرا . وكان مما يثير المتعة بدرجة أكبر أن أغمس شعر أليس الأشقر فى دواة الحبر التى تزود بها كل مكاتب التلاميذ فى مدرستا . أى طريقة أخرى يمكن بها إظهار الحب الذى لايموت ؟ كان ادائى المدرسى مثلاً يقتدى به ولكنه يستلزم ساعات طويلة من المذاكرة حتى ساعة متأخرة جدا من الليل . ثم أدى هذا إلى الأبحاث العملية . وأصبح جهاز منظار الذبذبات رفيقا ضروريا لى ونحن نصمم الالكترونيات لتجاربنا . ثم كان التدريس والفخر بالعدد المتزايد من الطلبة الذين يتخرجون لدينا وأخيرا أتى الوقت للاسترخاء ، وركوب الخيل ، والتزلج ، وأن يشيخ المرء برشاقة .

وصية ليدرمان

عن التعليم

ليون م. ليدرمان

سيرة موجزة

ستيفانى بيس مارشال،

وجوديث أ. شيلر،

ومايكل ج. بالميسانو

ليون ماكس ليدرمان شخص يجسد متعة الحياة ، والتعلم ، والعطاء . وقد وُلد في ١٥ يوليو ١٩٢٢ في مدينة نيويورك من والدين هاجرا مما كان سابقا الاتحاد السوفيتي . ومع أن الوالدين نفسيهما لم ينالا تعليما جامعيًا ، إلا أنهما دعما بقوة تعليم أطفالهم . ويُرجع ليدرمان الفضل لأخيه الأكبر بول في أنه كان أحد الأسباب المؤثرة لاهتمامه بالعلم . كان بول " له مهارة غير عادية في أعمال السمكرة " وسمح لليون الصغير بأن يراقبه في عمله بالبدروم في مقابل إكمال الأعمال المنزلية البغيضة لبول.

وكانت القراءة عاملا آخر جذب ليدرمان الصغير للعلم . فقرأ كتبًا مثل كتاب ألبرت اينشتاين "معنى النسبية" ، وكتابي بول دي كروف "محاربو الجوع" و "صائدو الميكروبات" ، وكتاب برنارد جيف "البوتقات" . وجد ليدرمان مقالا صحفيا يسرد بحث كارل أندرسون الذي فاز بجائزة نوبل على أنه بحث رومانسي ومثير وملئ بالأسرار . وهذا التصوير للعلم كقصة بوليسية رومانسية جعل ليدرمان يقع في هوى العلم .

تلقى ليدرمان شهادة بكالوريوس العلوم في الكيمياء من كلية سيتي في نيويورك في ١٩٤٣ . وأمضى بعد التخرج مباشرة ثلاث سنوات في جيش الولايات المتحدة ، وتوصل في النهاية إلى رتبة ملازم ثاني في سلاح الإشارة . وبعد تسريحه ، دخل جامعة كولومبيا، التي لا تبعد عن مكان نشأته، حيث تابع أبحاث دراساته العليا في الفيزياء.



ليدرمان مشغول بالحديث مع طالبة أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم
في مركز جرينجر للخيال والبحث.
(بإذن من أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم ، بريان كوينبي).

تأثرت عادات ليدرمان الدراسية بقضائه ثلاث سنوات بعيدا عن التعليم الرسمي. هذا وقد كان الأساتذة والطلبة كلهم يتماثلون وهم يناضلون للتكيف مع الحياة الأكاديمية والحياة عموما بعد الحرب العالمية الثانية ، وخبر ليدرمان صعوبات من ذلك . وشجعه أصدقاؤه في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا على المثابرة . وأخذ ينظر في أمر انتقاله إلى هذا المعهد ، ولكنه ظل في النهاية باقيا في كولومبيا . وعندما انتهت كولومبيا من بناء ما كان في ذلك الوقت أكبر جهاز في العالم لتحطيم الذرة (السيكلوترون) ، افتتن به ليدرمان إلى حد كان كافيا لأن يجعله يتابع البحث في ذلك المجال البازغ ، مجال فيزياء الجسيمات . وحصل على شهادته للماجستير في ١٩٤٨ ثم شهادة الدكتوراه في ١٩٥١ وكلتاها من جامعة كولومبيا .

أظهر ليدرمان وهو طالب دراسات عليا ما يتمتع به من سرعة بديهة وحس بالفكاهة مازالا يميزان محاضراته العامة الكثيرة. ووقع ليدرمان هو وحسه الفكاهي موقعا حسنا في فكر أساتذة جامعة كولومبيا ، وهكذا كان من بين عروض العمل الكثيرة التي عرضت عليه عرض بأن يستمر باقيا في كولومبيا . وانضم إلى هيئة التدريس بالكلية وتعلم الكثير من راعيه أي. أي. رابي. ولما كان ليدرمان مدرسا محبوبا جدا للطلبة الذين يدرسون العلم كمادة

رئيسية وايضا لمن لا يكون العلم مادة رئيسية لديهم ، فإنه سرعان ما ارتقى إلى مرتبة الأستاذية الكاملة في ١٩٥٨ . ثم أصبح مديرا لمعامل نيفيس ١٩٦١ كإقرار بمهاراته في البحث والإدارة .



ليدرمان عند توليه العمل كعالم مقيم في "برنامج العقول العظيمة " ، وهو يتحدث إلى الطلبة عن كيف يتسنى للمرء أن يصير وأن يكون عالما .
(بإذن من أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلوم ، بريان كوينبي)

اكتشف ليدرمان وزملاؤه أثناء سنواته الأولى في كولومبيا ميزون K^0 المتعادل الطويل العمر وأثبتوا عدم الحفاظ على الندية^(١) ، بما يبرهن على أن الكون ينحوي للاستمرية . وأدى بحث في ١٩٦٢ مع زميلين من كولومبيا ، هنا جاك شتينبرجر وملفين شوراتز ، إلى اكتشاف يميز نوعين مختلفين من جسيمات النيوتريـنو (وفاز بجائزة نوبل في ١٩٨٨ في

(١) الميزون نوع من جسيمات تربط البروتونات والنيوترونات معا في نواة الذرة . ويتكون الميزون من كوارك ومضاد كوارك .
(٢) الندية رياضيا صفة مميزة للدالة التي لا يتغير مدلولها عدديا إذا عكست إحداثياتها المكانية . ويقال أن الدالة موجبة الندية إذا بقيت إشارة مدلولها كما هي ، وأنها سالبة الندية إذا انعكست إشارة مدلولها . (المترجم)

الفيزياء). وانجذب ليدرمان إلى الماكينات ذات أعلى الطاقات ، فأخذ يعمل بلا كلل في معامل الجبهة الأمامية بالعالم حيث سبر، وقاس ، ورصد المكونات الأساسية للمادة ليتعلم المزيد عن الكون . وتواكب في نفس الوقت تأثيره في سياسة العلم قوميا ودوليا من خلال خدماته وقيادته ، وشهاداته أمام الكونجرس ومشورته بتمويل الوكالات والجامعات والأفراد .

أدت متابعة ليدرمان لفيزياء الجبهة الأمامية إلى إسهامه في ١٩٦٧ في إنشاء "معمل قومي حقيقي" في إلينوى . وبالاسترشاد بمعتقداته في توفير



ليدرمان في مكتبه في المعمل القومي لمعجل فيرمي، سبتمبر ١٩٩٦
(الخدمات الإعلامية البصرية لفيرميلاب)

أفضل المنشآت للاكتشافات الأساسية ، كان يدلي بمشورته لروبرت ر. ويلسون ، أول مدير للمعمل القومي لمعجل فيرمي (فيرميلاب) . ولما كان



ليدرمان وهو يتلقى جائزة نوبل للفيزياء ١٩٨٨ من يد جوستاف ملك
السويد في ١٠ ديسمبر ١٩٨٨
(الخدمات الاعلامية البصرية لفيرميلاب)

يعمل كرئيس "لمجموعة المستخدمين" في ١٩٧٤ ، فقد ألقى ليدرمان خطبة افتتاح المعمل . وقاد ليدرمان تجربة في فيرميلا ب ، بدأت في ١٩٧٠ ، وأدت إلى اكتشاف كوارك القاع^(٢) في ١٩٧٧ .

في ١٩٧٩ خلف ليدرمان ويلسون كمدير لفيرميلا ب . واكتسب فيرميلا ب ثانية تحت إدارة ليدرمان وضعه في المقدمة كمعمل فيه معجل له أقصى طاقة في العالم، معجل تيفاترون . وأدخل ليدرمان فكرة الصلة بين الفضاء الداخلي/الفضاء الخارجي وأسس أول مجموعة من منظري الفيزياء الفلكية يعمل أفرادها في معمل لفيزياء الجسيمات ، وهو يأمل بهذا أن يحفز إلى توسيع مجال أداء فيزياء الجسيمات في فيرميلا ب .

لم يكن ليدرمان بالذى يخشى قط إشعال جذوة الاتجاهات الجديدة ، أو تحمل المخاطر ، أو العمل مع شركاء جدد ، حتى وإن كانوا علماء فلك . وبينما كان يخيم في جبال الدولوميت مع دافيد شرام ، واثما معا تصور لفكرة انشاء مجموعة من علماء الفيزياء الفلكية في فيرميلا ب لتمولها وكالة ناسا للاستفادة من الصلات العميقة بين فيزياء الجسيمات الأولية وعلم الفلك . وتحدى ليدرمان ناسا (وتحدى هي الكلمة المؤدبة لما قاله) أن تكون بالجرأة الكافية لتمويل برنامج مبتكر هكذا . وكانت استجابة ناسا ايجابية ، وجند ليون مايكل تيرنر وروكي كولب لإنشاء المجموعة . وازدهر هذا المجال من العلم البينى الذى تتشارك فيه فيزياء الجسيمات وعلم الفلك، وأدى إلى الارتقاء بفهمنا للطريقة التى بدأ بها الكون وكذلك أيضا فهمنا للقوانين الأساسية التى تحكم الكون . وبلغ من عظم نجاح مجموعة فيرميلا ب أن أقتدت المعامل

(٢) الكوارك جسيم أساسى فى نواة الذرة وتتكون منه البروتونات والنيوترونات، وهو فى ست أنواع او نكهات منها القاع.(المترجم)

الأخرى لأقسام الطاقة بما بادر به ليون ، فأنشأت المجموعات الخاصة بها من الفيزيائيين الفلكيين .

لما كان ليدرمان يفكر كوكيبا وينفذ الفعل محليا ، فإنه شكل علاقات مشاركة لاتينية - أمريكية في الفيزياء والعلم وأطلق برامج تبادلية من أجل البلاد التي تحتاج إلى نظم تعليمية أكثر تقدما وإلى تحديث منشآت البحث فيها. أدى عمل ليدرمان بالتدريس لمدة ثمانية وعشرين عاما في كولومبيا إلى تشربه بالتزام عميق تجاه تعليم العلم. ونشر هذا الحماس للتعليم خلال كل معمل فيرميلاب . ومكنته قدراته العلمية والإدارية من أن يجد حلا لمشاكل تعلم الرياضة والعلم . أنشأ ليدرمان هو وفرع فيرميلاب التعليمي وأصدقاء فيرميلاب عشرات البرامج التي تصل الآن إلى الطلبة والمدرسين من الحضانة حتى المدرسة الثانوية ، على نطاق العالم كله .

وليدرمان من خلال عمله المهني كعالم بحث ومعلم للعلم قد قاد بنجاح أبحاثا في الجبهة الأمامية من العلم وعمل أثناء ذلك على أن يوصل ما لها من قيمة إلى الجمهور . نشر ليدرمان ما يزيد عن مائتي مقال لأبحاث مهنية ، وأكثر من مائة مقال للجمهور العام ، ومعها ثلاثة كتب . وأشرف على واحد وخمسين من طلبة الدراسات العليا أكملوا رسالات الدكتوراه تحت إرشاداته. وقد حاز درجات شرفية من أكثر من ثلاثين جامعة من كل أنحاء العالم ، وتتضمن جوائز انتخابه في الأكاديمية القومية للعلوم (١٩٦٥) ، وتلقى الميدالية القومية للعلم (١٩٦٥) ، وميدالية إليوت كريسون من معهد فرانكلين (١٩٧٦) ، وجائزة وولف للفيزياء (١٩٨٢) ، وجائزة نوبل في ١٩٨٨ ، وجائزة فيرمي لوزارة الولايات المتحدة للطاقة في ١٩٩٣ .

شمل التزام ليدرمان بالخدمة العامة العمل كمستشار علمي لحاكم إلينوى (١٩٨٩ - ١٩٩٣) ، وكرئيس للجمعية الأمريكية لتقدم العلم (١٩٩١) ، وعضو في الهيئة الاستشارية للمركز القومي للأبحاث العلمية . (من ١٩٩٦

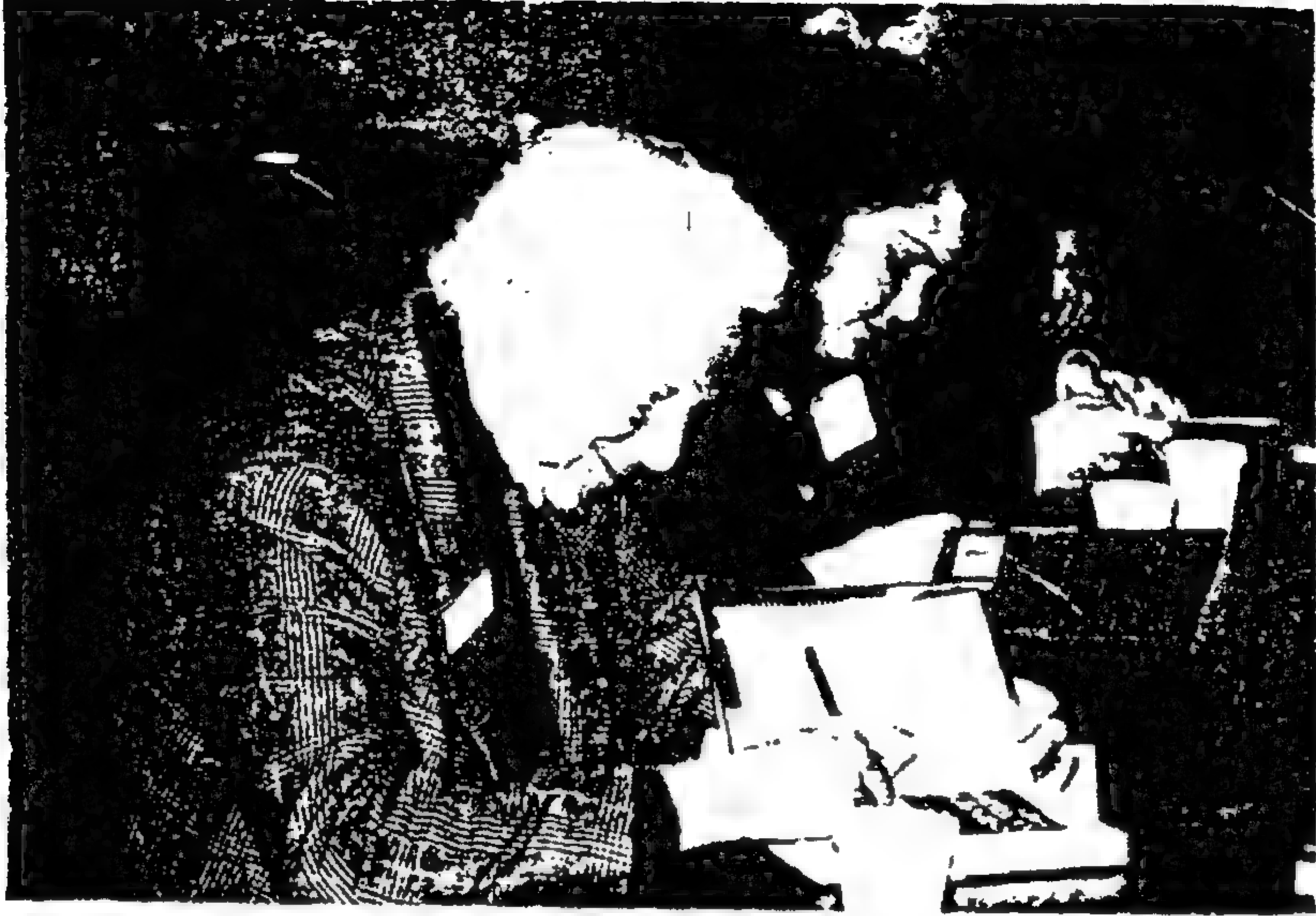
حتى الآن) ، والعضو المفوض لهيئة الزملاء بالبيت الأبيض (١٩٩٧ - ٢٠٠١) .

أدرك ليدرمان منذ زمن طويل أهمية تعليم العلم . وكان أحد المبادرين لإنشاء أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلوم ونصير رئيسي في تأسيسها . قام بإنشاء هذه الأكاديمية الجمعية العمومية لإلينوى ، وفتحت أبوابها في ١٩٨٦ . وعمل ليدرمان كأحد الأمناء المؤسسين حتى ١٩٩٨ حين أصبح في منصب العالم المقيم "لبرنامج العقول العظيمة " في الأكاديمية . وهو أيضا أحد المؤسسين لأكاديمية المدرسين للرياضيات والعلوم كما أنه يرأس مجلسها ، وتتخذ الأكاديمية موقعها في الجامعة ويجرى عملها دون أن تهدف لربح وذلك في شيكاغو وفي المدارس العامة في كل إلينوى . وقد كرست هذه الأكاديمية للإرتقاء مهنيًا بمدرسي المدارس الابتدائية من حيث تدريس العلم والرياضة .

ساعد ليدرمان على الجبهتين القومية والدولية ، في تنظيم تحالف غير رسمي بين العلماء ورجال التعليم لإعادة فحص المقرر العلمي للمدارس الثانوية في الولايات المتحدة ، وذلك على ضوء معايير العلم التي صممتها الأكاديمية القومية للعلوم والجمعية الأمريكية لتقدم العلم . وفي مشروع "النهضة الأمريكية في تعليم العلم" ، نظم ليدرمان ورشتان في ١٩٩٥ و ١٩٩٨ تتناولتا قضايا المقررات العلمية . وهذا المشروع لا يوجد ما يماثله كعملية تحويل لإعادة بناء مقررات العلم في المدارس الثانوية . وقد شارك فيه مدرسون ، ورجال تربية ، وعلماء ، ورسميون من المنظمات الكبرى (الأكاديمية القومية للعلوم ، والجمعية الأمريكية لتقدم العلم، والجمعية القومية لمدرسي العلوم) .

يشغل ليون ليدرمان حاليا مناصب العالم المقيم المعين في أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلوم ، وأستاذ "كرسي بريتركر للعلم" في معهد إلينوى

للتكنولوجيا ، والمدير الفخري للمعمل القومي لمعجل فيرمي . وهو معروف عند المتعلمين علميا من غير المتخصصين كمؤلف لكتاب لاقى ترحيبا كبيرا وهو كتاب "الجسيم الإله" . أما بالنسبة لغيرهم فهو النبع العذب للعلم .



ليدرمان وهو يوقع كتاب صور لعظماء العلماء الأمريكيين مع الطالبة المؤلفة ماريا ويلسون وذلك عند أول إصدار للكتاب .
أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلوم ، ١٤ نوفمبر ٢٠٠١
(بائن من أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلوم ، دين كاوس ، تصوير كاوس)

وعن النواحي الشخصية ، تزوج ليدرمان من إيلين كار ليدرمان وتعمل مصورة فوتوغرافية . ولديه ثلاثة أولاد وأربعة أحفاد ؛ وتعمل ابنته رينا كعالمة في الأنثروبولوجيا ، وابنه جيس كموظف في بنك استثماري ، وابنته راشيل كمحامية . وعندما لا يكون ليدرمان مشغولا بتحسين العالم عن طريق متعته بالعلم، فإنه يمارس حبه للحيوانات مستمتعا بركوب الخيل ، ويتزلج على سفح التلال ، ويحرق في النجوم، ويخبز العيش ، ويعسكر في مخيم ، ويلقى الفكاهات . وهو لا يكل مع بلوغه سن الثمانين فيسافر سفرا لا

ينقطع للترويج لتعليم العلم . وليدرمان مثله مثل نبيذ الكروم المعتق يواصل أن يزداد به العمر وهو في أطيب حال .

يتميز التزام ليدرمان بالتعليم بما يتصف به من كرم رائع في إيثار . وعلى الرغم من أن من يتلقون جوائز نوبل يمكنهم أن يقرروا الاقتصار على العيش والعمل داخل نطاق الحياة الأكاديمية أو الأبحاث ، إلا أن حماسه الذي لا مثيل له للإرتقاء بتدريس وتعلم العلم لكل الأطفال قد جعله يدخل في مدارس أمريكا وحجراتها الدراسية ليعمل مباشرة مع الأطفال والمدرسين وهو يلقي بالأسئلة ، ويسبر أوجه فهمهم ، ويشاركهم متعته بالعلم . يواصل ليدرمان العمل بلا كلل من أجل مناصرة إعادة بناء وإعادة ترتيب تسلسل مقرر العلم في المدارس الثانوية ، وعمله هكذا له إمكاناته التي لوجرى تفعيلها لأحدثت تحولا في تعليم العلم في أمتنا .

المشاركات بين العلماء والمعلمين

أحد العناصر الحيوية فى إصلاح تعليم العلم

مار جورى ج. باردين

مقدمة

صدر تقرير " قبل أن يتأخر الأمر بأكثر مما ينبغي " عن اللجنة القومية لتدريس الرياضيات والعلم فى القرن الواحد والعشرين (وزارة التعليم بالولايات المتحدة ٢٠٠٠) ، وهو الأخير من سلسلة من التقارير عن حالة تعليم الرياضيات والعلوم فى المرحلة من الحضانة إلى الصف ١٢ فى الولايات المتحدة . ويدعو التقرير إلى " استجابة قومية قوية توحد جهود كل المساهمين فى الأمر " ليتناولوا ما يوجد من حاجة إلى تعليم من نوعية راقية . ومن بين المساهمين فى ذلك معاهد التعليم العالى وهيئات الأعمال العالية . ومما يقترح من الجهود لدعم رفع مستوى انجازات الطالب العمل مع مدارس المنطقة لتعيين الاحتياجات اللازمة من المدرسين المؤهلين تأهيلا عاليا وبذل إسهامات منتظمة من الوقت ، والمواد ، والموارد لتعزيز وسائل التدريس فى تعلم الرياضيات والعلم بالمدارس المحلية . أدرك ليون ليدرمان منذ وقت مبكر يرجع إلى ١٩٨٠ وجود هذه الاحتياجات ، وبدأ كمدير للمعمل القومى لمعجل فيرمى (فيرميلاب) فى بذل الجهود حتى يكون هناك فارق فى الأمر . وقد اكتسب علماء فيرميلاب خبرة عشرين سنة من علمهم متشاركين مع معلمى مرحلة الحضانة-الصف ١٢ ، وهى خبرة فيها ما ينور المجتمع العلمى بالمعلومات عندما يأخذ فى تفعيل هذه الدعوة الأخيرة .

البدايات

عمل ليدرمان مديرا لفيرميلاب من ١٩٧٩ حتى ١٩٨٩ . وأثناء وجوده فى المعمل أكمل هو وزملاؤه عددا من الاتجازات العلمية المهمة .

وكمثل ، أعلن العلماء فى المشروع التعاونى E288 اكتشاف جسيم جديد اسمه الأبسيلون وبينوا أن جسيم الأبسيلون هذا يحوى كواركا من نوع بى (b) وكواركا مضادا لبي ، وكشفوا بهذا عن الجيل الثالث من الكواركات . وفى ١٩٨٣ بدأ علماء فيرميلا ب العد التنازلى لأول سينكروترون^(٩) فى العالم من النوع فائق التوصيل ، وهو التيفاترون . وفى ذلك الوقت كان هذا المعجل، الذى مازال معجل الجسيمات الأكبر طاقة فى العالم كله ، كان أيضا أكبر مشروع فى العالم يستخدم تكنولوجيا التوصيل الفائق ويتوج مجهود عشر سنوات للتحكم فى تكنولوجيا ادخار الطاقة فى فيزياء الجسيمات . وكان من الأمور الحاسمة لفهم القوى الموجودة بين الكواركات وطريقة اتحاد الكواركات لتكوين جسيمات مركبة أن ندرس ميكانيكيات إنتاج واضمحلال الكوارك "الفائق" ، وهو الكوارك الرابع فى "النموذج المعيارى" .

على أن ما هو أهم بالنسبة لهذا المقال ، هو أن ليدرمان قد استخدم ماله من هبة كفائز بجائزة نوبل وكذلك منصبه كمدير معمل، لإتشاء منبر متحفز لحشد العلماء لقضية تعليم العلم فى مرحلة الحضانة - الصف ١٢ . ولم يكن هناك طلبة صغار السن فى فيرميلا ب ، وبالتالي فقد شرع ليدرمان فى مبادرة للتعليم لمرحلة ما قبل الكلية فى المعمل ، وتنامى ذلك ليصبح مثلا يحتذى به للمشاركة الدائمة بين العلماء والمعلمين من أجل دعم إصلاح تعليم العلم .

لماذا يود ليدرمان أن يساهم علماء البحث فى التعليم بمرحلة الحضانة-الصف ١٢ ؟ يتجاوز السبب مجرد ما يحدث من أن الكثيرين من العلماء ينالون من التدريس إحساسا حقيقيا بالرضا ، فهناك ما يتجاوز ذلك

^(٩) السينكروترون نوع من معجل للجسيمات يتزايد فيه المجال المغناطيسى ولا يكون ثابتا مثل المعجلات الأخرى.(المترجم)

من وجود حاجة أساسية للحفاظ على كادر العلماء مع تنويعه . والعلماء إذ يتزايد اعتمادهم على الدعم الجماهيري لأبحاثهم يحتاجون إلى رفع مستوى تعلم العلم عند الجماهير وإلى اقناع الجمهور بأن الاستثمار في العلم فيه أفضل صالح للمجتمع . يحتاج العلماء إلى حفز عملية إيجاد جيل جديد من العلماء ، ومع ما يحدث من تغير ديموجرافي السكان، فإن العلماء يحتاجون إلى تنويع في هذا الجيل الجديد . وحتى نستثير الفضول الطبيعي لدى الطلبة، يجب أن نبدأ الجهود لتشجيع الاهتمام بالعلم طول الحياة بدءاً من أصغر مستوى لعمر الطلبة . وسواء أصبح هؤلاء الطلبة علماء ممارسين للعلم أو مواطنين متفهمين للعلم ، فستكون هناك حاجة إلى أن يبذلوا من دعمهم للحفاظ على قيادة الولايات المتحدة للعلم .

بدأ ليدرمان بداية متواضعة بأن نظم برنامجاً أسماه "فيزياء صباح السبت". فجمع معاً مجموعة من عشرة أفراد من كبار علماء فيرميلاب وطرح برنامجاً لحلقة دراسية تقدّم لعدد من طلبة المدارس الثانوية يصل إلى مائة فرد ، وذلك بمعدل ثلاث مرات في السنة . وتدوم كل حلقة مدة ثلاث ساعات تتضمن إلقاء محاضرة ، ثم شعباً للنقاش ، وجولة المعمل . ويُعد كل واحد من العلماء المتطوعين محاضرة واحدة؛ ويقود شعب النقاش والجولات طلبة الدراسات العليا. أرسل ليدرمان خطابات دعوة إلى المدارس الثانوية في نطاق دائرة قطرها خمسين ميلاً من فيرميلاب وانتظر مترقباً وصول أي طلبة .

وأتى الطلبة بالفعل ، وأتى أيضاً مدرسوهم! واستثير تنبه الطلبة بواسطة محاضرات عن موضوعات مثل المعجلات والكشافات، ونظرية

النسبية الخاصة، واللبتونات والهادرونات^(*) ، وعلم الكونيات . وقام الشبان من طلبة الدراسات العليا بإشراك طلبة الحلقة فى مناقشات حيوية وأذهلوهم بجعلهم يختلسون نظرة على المعجلات والكشافات الضخمة المعقدة فى فيرميلاب . شعر ليدرمان على أساس الاستجابة الحماسية للطلبة ، أنه لو أمكن للمدرسين إدخال موضوعات الفيزياء الحديثة فى مقرراتهم الدراسية ، سيتمكنون من إشعال شرارة استجابة متحمسة على غرار ذلك . وتبين ليدرمان من حديثه إلى المدرسين أنهم بصفة عامة لا يعرفون إلا أقل القليل عما فى فيرميلاب من فيزياء وتكنولوجيا ولكنهم متلهفون لأن يتعلموا .

أخذ ليدرمان يحلم ببرنامج لمدرسى الفيزياء بالمدرسة الثانوية يكون مرافقا لبرنامج "فيزياء صباح السبت" . وتنفيذ برنامج للمدرسين سيكون أكثر تعقدا من "برنامج صباح السبت" الذى يتسم بأنه تطوعى بالكامل ، وسوف يتطلب الدخول فى عالم الارتقاء بهيئة التدريس وإصلاح المدرسة . أدرك ليدرمان أنه ينبغى على العلماء تشكيل نوع من المشاركة مع المعلمين . ويستطيع العلماء الإسهام بمعرفتهم بمادة الموضوع وفهمهم لطريقة عمل العلماء بينما يستطيع المدرسون الإسهام بفهمهم للصبيان وللتدريس والتعليم . وعلى أى حال ، فإن تنظيم برنامج بحجم له قدره يحتاج إلى وجود مجموعة منفصلة تعمل كجسر بين العلماء والمعلمين .

كان توقيت ليدرمان مناسب إلى حد كبير ، ذلك أن تقرير "أمة فى خطر" صدر فى أبريل ١٩٨٣ عن اللجنة القومية للتعليم الممتاز (وزارة التعليم فى الولايات المتحدة ١٩٨٣) . وبسبب ما يوجد من احتياجات علمية

^(*) اللبتونات جسيمات خفيفة مثل الإلكترونات وأشباه الإلكترونات (الميون والتاؤون) والنيوترينو . والهادرونات جسيمات ثقيلة تحس بالقوة النووية القوية ، وتنقسم إلى باريونات كالبروتون والنيوترون ، وإلى ميزونات تربط البروتونات والنيوترونات معا وتتكون من كواركات . (المترجم)

خطيرة في طبيعتها فقد طلب من أصدقائه أن يشكلوا منظمة لاتهدف للربح ، منظمة "أصدقاء فيرميلاب" لدعم برامج تعليم العلم في المعمل لمرحلة الحضانة - الصف ١٢ . وتم خلال عطلة نهاية أسبوع واحدة لاغير جمع المال اللازم لهذا البرنامج الأول من نوعه لمدرسى العلم فى المدارس الثانوية.

احتياجات تعليم العلم

حدث الكثير منذ ١٩٨٣ من أجل تحديد احتياجات تعليم العلم ومن أجل فهم حجم الجهد الذى يجب أن تبذله المجتمعات للإيفاء بهذه الاحتياجات. وأخذ يتزايد حسب ذلك تنامي مساهمة ليدرمان الشخصية فى الأمر وتنامي برامج فيرميلاب. ونشرت فى ١٩٩٨ ورقة بيضاء تحدث فيها ليدرمان وزملاؤه ببلاغة حول الحاجة لتعليم قوى للعلم " لكل " الطلبة (ليدرمان ومن معه ١٩٩٨) .

يجب أن يكون كل طالب يتخرج من المدرسة الثانوية بالقرن الحادى والعشرين مجهزا ومستعدا لأن يسهم ولأن يشكل مجتمعا تجابهه أوجه تقدم علمى متسارعة ويجابهه مستقبل مهنى ووظائف تتأسس على هذه الأوجه من التقدم ، وتكنولوجيات تتزايد إذهالا وتؤثر فى حياتنا اليومية . يتطلب نجاح أمتنا فى القرن الحادى والعشرين أن يكون مواطنونا متعلمين علميا ومتفهمين للمعرفة . يحتاج قوادنا وآباؤنا وعمالنا :

- أن يكون لديهم الاستجابة للتغير المتسارع؛
- أن يعملوا معا لإيجاد حلول بمقاييس محددة وإن كانت خلاقية ، وذلك لحل مشاكل هى حاليا مما لا يقبل التخيل ؛
- أن يكون لديهم توقع لتأثير أفعالنا ؛
- أن يتواصلوا تواصلًا فعالا ؛
- أن يحافظوا على توازن وحيوية مجتمعتنا وبيئتنا .

ما الذى يجب أن يكون عليه تعليم العلم حتى يساعد الطلبة على التوصل إلى تعلم العلم ؟ يطرح علينا لوكس - هورسلى ومن معه (١٩٩٠) وكذلك المركز القومى للإرتقاء بتعليم العلم (١٩٩١) ، يطرح علينا كل منهم رؤية ونموذجا لتعليم العلم سميت "العلم البنائى" (Constructivist Science). تؤكد التقارير على أن الطلبة يجب أن يمارسوا العلم بالمشاركة العميقة فيه . وأنهم بفعل ذلك سوف ينمون المعرفة بالمحتوى وينمون العادات العلمية فى ذهنهم . وتقرير المركز القومى لترقية تعليم العلم (١٩٩١) هو تركيب من التقارير المهمة التى صدرت منذ ١٩٨٠ فيما يتعلق بأوضاع تعليم العلم . ترشدنا هذه التقارير بشأن اتجاه اصلاح تعليم العلم بأن تؤكد على :

كيف يمكن للمعلمين أن يحولوا الصبغة إلى العلم ؟
تكمّن الإجابة فى مساعدة الاطفال على الاشتراك فى ممارسات تتطلب منهم استخدام المعرفة والعمليات العلمية كأدوات وهم يتقهمون ممارساتهم . يتطلب هذا الحل أن تتحول حجرة دراسة العلم إلى مقر لثقافة مبنية على البحث - مجتمع من المستكشفين - حيث الفضول ، والإبداع ، والتساؤل كلها لها قيمتها ، وحيث تُجعل الموارد والفرص متاحة بسهولة ، وحيث يستطيع الطلبة أن "يبحثوا" مثل العلماء المشاركين فى عملية التفهم الجماعى. ويتنامى التفكير النقدى فى هذه الثقافة عندما يحدث تشجيع للأفكار الجديدة وحين يخضع الجميع - بدءا من المدرس، فالطلبة ، فالكتب الدراسية - للمراجعة والتحليل بواسطة المجتمع العلمى للطلبة. سوف يخرج الأولاد من هذه الممارسات وقد أصبح لديهم القدرة على استخدام المعرفة العلمية لتوصيف ، وشرح عالمهم . والتنبؤ له والسيطرة عليه.

يدرك الخبراء الآن أن إعادة تشكيل بناء تعليم العلم تستدعى طريقة تناول منهجية . وليس غير أمثلة قليلة يحتذى بها لترشدنا فى التغيير الشامل فى الأنظمة المدرسية ، وليس غير قلة من قيادات التعليم الحالية ، المتخصصة وغير المتخصصة ، لديهم الخبرة لإدارة عملية التغيير . فهذه مهمة أكبر من المدارس نفسها ، ولايمكننا أن نتوقع منها أن تعمل وهى منعزلة وحدها . يجب أن تضع المدارس والمناطق التعليمية تعليم العلم كأولوية متقدمة . ويجب عليها أن تجد شركاء لها من خارجها ليساعدوها على الإرتقاء بمستوى وعى المجتمع وللإسهام فى التغيير المطلوب ودعمه بالاشتراك بالموارد ، والخبرة ، والتكنولوجيا . ويتضمن هؤلاء الشركاء الكليات والجامعات ، ومعاهد البحث ، ودوائر الأعمال والصناعات حيث يعمل العلماء .

أدوار للعلماء

قام معمل فيرميلاب ، كجزء من التزامه الأساسى بالنسبة للعلم ، بدور الرائد فى الأنشطة التعليمية التى تشرك الشباب فى دور صبيان الحرفيين فى العلم ، وتساعد المجتمعات على توفير أنشطة علمية مثيرة تعرض بيانات عملية لعمليات علمية راسخة وتقدم محتوى علميا فى توافق مع المعرفة الحالية . يطرح فيرميلاب البرامج فى استجابة للاحتياجات المحلية من أجل تواصل الإبقاء على اهتمام الشباب بالعلم والرياضة ، وتشجيعهم على إتخاذ مستقبل مهنى فى العلم والهندسة ، ولإعادة إحياء مهارات مدرسى العلم الحاليين ، والحفاظ على إيجاد الاهتمام باتخاذ مهنة تدريس العلم .

ساهم سنويا عدد كبير يبلغ ٢٠٠ فرد من أعضاء الهيئة الفنية لفيرميلاب ، فى برامج التعليم لما قبل الجامعة ، وأدت مساهمتهم هذه إلى توفير عملية تبادل حيوى بين العالم والمدرس ، وبين العالم والطالب . ما

الذى يفعله هؤلاء الباحثون ؟ تتضمن أدوارهم الرئيسية دور المشرف على البحث ، وأخصائى المحتوى المعرفى ، والإسهام فى الارتقاء بالتدريس ، ودور الأئموذج .

دور المشرف على البحث دور مألوف للعلماء ؛ فهو جزء من عملهم. تتكون مجموعات البحث من علماء ، وزملاء ما بعد الدكتوراه ، وطلبة خريجين ، وفى بعض الحالات طلبة قبل التخرج . ولايتطلب الأمر خيالاً واسعاً من أجل أن ندخل فى هذه المجموعة مدرسين ثانويين ، أو مدرسين تحت التدريب ، أو طلبة المدارس الثانوية . وقد يكون من الممكن إدخال متدرب واحد مقيم داخل المجموعة ، أو أنه فى حالة وجود مجموعات أكبر مزودة بدعم وافر ، فإننا نستطيع أن نوجد " فريقاً صيفياً" من الأفراد المقيمين . ظلت مجموعات فيرميلاب الفنية فى فصول صيف عديدة يحوى الواحد منها مدرس فيزياء ، واثنين من طلبة الجامعة (أحدهما من كلية تاريخية للسود) ، وطالب مدرسة ثانوية من إحدى المدارس العامة الثانوية فى شيكاغو . ويتوفر لكل فرد من هؤلاء فرصة مباشرة لأداء العلم وفهم أمور مثل أهمية البحث التعاونى ، والتعلم من الأخطاء ، وتكرار أداء المهام عندما لا تنجح فى أول مرة ، وتوثيق البحث ، والتشارك فى النتائج . والعلماء ، بصفتهم أخصائيون فى المحتوى العلمى ، يعطون محاضرات وحلقات دراسية، ويجيبون عن الأسئلة ، ويعملون فى مشاركة مع المدرسين لإعداد المواد لبرامج من أجل الارتقاء بهيئة العاملين ومن أجل حركات الدراسة . وإنشاء هذه المواد يوفر بعض عمليات للتبادل بين العالم ورجل التعليم فيها ما يثير أقصى الاهتمام . فسواء عند البحث عن طريقة للتشارك فى بيانات على الخط فى الكمبيوتر ، أو خلق تماثلات بين تفاعلات الجسيمات وبين كرات التنس ومساحيق الرضع، فإن ما يوجد من قوة فى العمل معاً، والمشاركة فى الخبرة ، واحترام الواحد لإسهامات الآخر ، هذا كله فيه ما يثير انتعاش المدرسين حقاً . بل إن المدرسين حتى عندما تسنح

لهم الفرصة البسيطة للانضمام إلى العلماء في الجلسة غير الرسمية لشرب القهوة مع المدير والتي تعقد كل بعد ظهر ، فإنهم يدركون ، ربما لأول مرة، أن العلماء يحترمونهم لعملهم كمدرسين، فيحسون بأنهم جزء من المشروع العلمي .

والعلماء بمجرد أن يجتمعوا لاغير مع الطلبة في المعمل أو في حجرة الدراسة، يصبحون بذلك أنموذجا لدرو يقتدى . معظم الطلبة لديهم نموذج لقالب نمطى "للعالم المجنون" كما أنهم ليس لهم دراية بمكان العمل العلمى . فليتخيل القارئ ما يمكن أن يكون للعالم من تأثير مفعم بالقوة عندما يتحدث مع مجموعة من شباب الطلبة عن أبحاثه ، وهواياته ، وتعليمه ؛ وعندما يشارك ببعض من أبحاثه كعرض عملى أو نشاط يمارس بأيدي الطلبة . وليتخيل القارئ تأثير هذا العالم على طلبة الفئات التى يقل عدد تمثيلها تقليديا فى العلم ، عندما يقوم هذا العالم بتحية هؤلاء الطلبة بلغتهم الوطنية ، كالأسبانية مثلا .

ويعبر بعض هؤلاء الطلبة من الصف السابع عن ذلك أحسن التعبير :
أهم ما تعلمته هو أن أى فرد يستطيع أن يكون عالما. رأيت
أناسا يمشون من حولنا وهم يرتدون قمصانا رياضية
وسراويل جينز. من يعرف ؟ لعلى أستطيع أن أكون عالما.

لايستطيع المرء أن يحكم على كتاب من غلافه . يتأتى
العلماء فى كل الأشكال والتكوينات . هناك النساء ، والرجال،
والكيميائيون ، والبيولوجيون والفيزيائيون كلهم موجودون فى
ميدان العلم .

يمكن للمرء فيما يتعلق بوقت العمل بمعظم المهن أن يقول
"الن تحل أبدا الساعة الخامسة والنصف ؟" أما العلماء الذين

تحدثت إليهم فهم يقولون "هل تعدت الساعة الخامسة والنصف
بالفعل ؟"

الدروس المستفادة : الإدارة الناجحة للبرنامج

كيف ينمى العلماء علاقة مشاركة مع معلمى مرحلة الحضانة -
الصف ١٢ بحيث تكون علاقة تتجاوز ما يحدث فى مجرد إحدى الخطوات
الأولى الواضحة ، علاقة تضم الأفراد معا ؟ ينبغي على مستوى مؤسسة
كفيرمىلاب أن يتم تجميع هيئة عمل صغيرة من أفراد لهم خبرة سابقة
ومصداقية فى مجالات البرنامج المثيرة للإهتمام. وينبغي أن تفوض هيئة
العمل هذه فى أن تساعد على بناء الجسر بين العلماء والمعلمين . وربما
يعتمد النجاح أو الفشل فى كل هذه العلاقة من المشاركة اعتمادا كبيرا جدا
على العناية التى يتم بها اختيار هؤلاء الأفراد . نستطيع أن نعين ثلاثة قضايا
أخرى خطيرة تتعلق بالإدارة الناجحة للبرنامج : الإلتزام المؤسسى ،
والطريقة المؤسسية للتناول ، والمساهميين .

أكثر القضايا حسما هى الإلتزام المؤسسى . يجب أن تتمتع علاقة
المشاركة بدعم حماسى بلا حدود ومن كل القلب يقدمه المدير أو الموظف
التنفيذى الرئيسى . ويجب أن تعطى الإدارة العليا دعما مرئيا للبرامج ؛
فتعطى مكافئات للأفراد المشاركين ، خاصة فى تقييم أداء العمل ؛ وتقر
باستخدام منشآت المؤسسة فى الأنشطة التعليمية ؛ وأن تستخدم نفوذها مع
القطاعات الأخرى لحشد مساهمتها والحفاظ على استمرارها. ويأتى مباشرة
بعد الإلتزام المؤسسى الحاجة لخلق مشاركة تكون بين أنداد . فالموقف
الصحيح من البرنامج لا يكون بأنه مدفوع ببعض فكرة عظيمة " لأحد
العلماء، وإنما هو برنامج لمساهمين متساوين فى الحماس له ومستعدين
لمناقشة الفكرة وصلها على أساس من التشارك بين زملاء . يرغب

الكثيرون فى المساهمة فى ذلك ، إلا أن البعض ربما لا يمتلكون مهارات العلاقات البشرية اللازمة من أجل العمل فى برامج للتعليم ، خاصة إذا كانوا ممن تعودوا على كونهم من الخبراء . يجب أن تتخلل فكرة علاقة التشارك المتساوى برنامج التعليم فى كل المستويات . وينبغى أن يكون الدعم متاحا للأولئك الأفراد الذين اختاروا الإسهام ، وينبغى فى بعض الحالات أن تكون هيئة العاملين مستعدة لإحلال الأفراد غير الفعالين.

بناء على مفهوم التشارك ، أنشأ فيرميلاب تصميمًا ناجحًا لإنشاء البرنامج وتنفيذه يتضمن عنصرين اثنين أساسيين : إجراء تقييم للاحتياجات وإنشاء لجنة للبرنامج . يسترشد إنشاء البرنامج بتوصيات ناتجة عن تقييم سليم للاحتياجات ، يتم إجراؤه مع رجال التعليم ، وقواد المجتمع ، وعلماء فيرميلاب . وتتضمن الورشة النمطية لتقييم الاحتياجات ما يقرب من عشرين مساهمًا ، وتدوم لثلاث إلى أربع ساعات ، وتغطى نوعًا من برنامج رئيسى أو تغطى مجموعة عمرية جديدة . ومن المهم أن يستمع العلماء إلى الاحتياجات التعليمية كما يدركها الأفراد الذين يعلمون الطلبة والذين يوظفون الخريجين . فالعلماء ليسوا بالضرورة خبراء فى تعليم ما قبل الكلية . على أنهم عندما يتفهمون الأولويات المحلية للارتقاء بتعليم العلم والرياضيات ، فإنهم يستطيعون تقييم موارد المعمل وتعيين الطرائق للعمل فى تشارك مع رجال التعليم من أجل تعزيز التغيير .

لا يمكن أن نكون مبالغين عندما نؤكد على أهمية تقييم هذه الاحتياجات . كثيرا جدا ما يحدث أن يذهب إلى المدارس علماء من معاهد البحث أو الكليات أو الجامعات وهم يعتقدون أنهم يحملون فى جعبتهم كل الإجابات . "نحن نعرف أنكم لو فعلتم الأمر بهذه الطريقة ، ستحل كل مشاكلكم" . عندما أجرينا أول تقييم للاحتياجات ، حضر أحد رؤساء القسم العلمى لمدرسة ثانوية قائمة تغطى سبع صفحات من الحجم القانونى. ومن

الواضح أننا لم نتمكن من الإيفاء بكل هذه الاحتياجات ، ولكننا تناولنا أمر بعضها عبر السنوات الإحدى عشرة التالية من خلال المعهد الصيفي لمدرسي العلم والرياضيات حيث كان رئيس القسم العلمى هذا يلعب دورا رئيسيا .

بعد إنهاء تقييم الاحتياجات ومراجعة النتائج فيما يتعلق بتوصيات البرنامج ، تدخل فى العمل لجنة برنامج تتألف من رجال تعليم محليين (مدرسون أوائل أو رؤساء أقسام أو إداريون تعليميون) ، وعالم أو عالمين من فيرميلاب ، وتعمل اللجنة مع أفراد من هيئة "مكتب التعليم" لإنشاء البرنامج وتنفيذه . وتكون اللجنة مسئولة عن مهام مثل إعلان البرنامج ، وإنشاء المقرر الدراسى ، واختيار المساهمين ، واختيار المعلم ، وأنشطة المتابعة ، والتقييم ، وتقارير البرنامج ، والعمل على نشره . هذا هو أساس علاقة المشاركة التى تتيح للعلماء أن يكونوا علماء معظم الوقت ، وتتيح للمدرسين أن يدرّسوا معظم الوقت ، وتتيح للجميع أن ينضموا معا مع هيئة العاملين لدعم مبادرات تعليم العلم .

يتضمن هذا النموذج لإنشاء البرنامج أوجه القوة التالية :

- * إنشاء حس بامتلاك البرنامج عند المدرسين بإشراكهم فيه منذ البداية .
- * إعطاء المدرسين أدوار قيادية يقر بها كل من نظرائهم وعلماء البحث .
- * إرساء قنوات تواصل مستمر بين العلماء والمدرسين .
- * استخدام خبراء من مجموعات شتى - مدرسون ، وأخصائيون فى تعليم العلم ، وعلماء - مع أدنى إعاقة لعملهم المنتظم فى مهنتهم .
- * تكامل برامج التعليم للمعمل القومى مع ما يوجد من برامج محلية .

أدى نجاح برامج فيرميلاب لمرحلة ما قبل الكلية إلى إنشاء مركز ليون م. ليدرمان لتعليم العلم ، وهو يضم مجموعة مثيرة من المعروضات التفاعلية ، ومركز لموارد المدرس ، وحجرة دراسية للتكنولوجيا ، ومعمل للعلم . يستطيع الطلبة فى هذا المركز اكتشاف العالم الساحر للكواركات

والكوازارات^(٩) من خلال أنشطة خلابة تمارس عمليا ، وأكشاك بوسائل إعلام عديدة تستكشف بعض ما يوجد حاليا من أكثر الأفكار إذهالا وأكثر الأدوات العلمية إثارة . أما في مركز موارد المدرس ، فيقوم أعضاء هيئة العاملين بمساعدة المدرسين والطلبة والآباء على العثور على مواد لوسائل التدريس ، وأن يكتسبوا الوعي بالانترنت ، وأن يتصلوا بالعلماء . يحدث في الحجرة الدراسية للتكنولوجيا أن يستخدم الطلبة والمدرسون الانترنت ويتلقون تدريباً على الانترنت ، ويستكشفون العلم بوسائل إعلامية متعددة ، ويجمعون البيانات من الكمبيوترات ، ويحللون بها ويتشاركون فيها . ويقوم الطلبة والمدرسون في معمل المركز بتصنيف عينات من براري فيرميلاب ويجرون تجارب مختلفة تتعلق بالعمل الميداني في هذه البراري وبالفيزياء . وتقدم برامج في المجالات التالية : حوافز وفرص للطلبة ، وإعداد المدرس وتعزيزه ، والإصلاح المنهجي ، ووعي الجمهور ، وتعلم العلم .

الاستنتاجات

بعد أن مرت عشرون سنة منذ أرسل ليدرمان خطابه الأولى التي دعا فيها طلبة المدارس الثانوية إلى فيرميلاب ، يواصل العلماء فتح أبواب المعمل لمدرسي وطلبة مرحلة الحضانه - الصف ١٢ . نجحت برامج التعليم لمرحلة ما قبل الكلية في فيرميلاب لأنها ليست كما هو معتاد برامج للربح . يأتي المدرسون إلى معمل أبحاث في فيزياء الطاقة العالية يرقى إلى مستوى عالمي ، وذلك في فرصة فريدة من نوعها تتيح لهم أن يشهدوا العلم وهو يجري تنفيذه عند الجبهة الأمامية للفهم الانساني ، وأن يتعلموا على يد علماء بحث مرموقين . وينال الطلبة خبرة بالعلم توسع وتثري من آفاقهم وتنمي

^(٩) الكوازارات (أشباه النجوم) مجرات عند أقصى أطراف الكون تومض كالنجوم رغم بعدها المتطرف وتحوي في مركزها ثقب سوداء هائلة ، تدور عند حدودها دوامات من غاز وغبار تبت طاقة ضخمة. (المترجم)

تقديرهم للعلم . ويرى الطلبة ، ربما لأول مرة ، ما يكونه عالم العلم حقا ، وهم يحبون ما يرونه ! لن يستطيع فيرميلاب أن يحدث التغيير كله ، ولكنه يستطيع أن يكون حافزا مهما في دعم ورعاية الجهود لتغيير مجتمعنا التعليمي .

وفيما يلي الدروس القيمة المستفادة من خبرة فيرميلاب . ينبغي على العلماء :

- * أن يتحدثوا إلى المدرسين ، وأن يذهبوا للمدارس ، وأن يجددوا ما يحتاجه معلمو العلم .
 - * أن يحصلوا على الدعم من أعلى المستويات المؤسسية .
 - * أن يشكلوا مشاركة مع رجال التعليم كأنداد مساوين ؛ أن يخططوا البرامج ويقدمونها في تشارك .
 - * أن يستمتعوا ! وإذا كان هناك من لا يستمتع ، فيجب عندها إعادة تشكيل المجموعة .
- فهذه خبرة ينبغي أن تكون ممتعة !

وسواء كان ذلك في مجموعة بحث صغيرة أو كبيرة ، أو في جامعة للأبحاث ، أو في كلية للفنون العقلية أو معهد عالي ، أو في معمل للأبحاث أو للأشغال المالية ، فإننا نحث العلماء المهتمين بالأمر على أن يعملوا في تشارك مع معلمى مرحلة الحضانه - الصف ١٢ من أجل الارتقاء بتعليم العلم .

المراجع

Lederman, L. M., M. Bardeen, W. Freeman, S. Marshall, B. Thompson, and M. J. Young. ARISE American Renaissance Education Three-Year High School Science Core Curriculum: A Framework. Batavia, Ill., Fermilab-TM-2051, 1998.

Loucks-Horsley, S., R. Kapitan, M. D. Carlson, P. J. Kuerbis, R. C. Clark, G. M. Melle, T.P. Sachse, and E. Walton. Elementary School Science for the '90s. Andover, Mass.: The National Center for Improving Science Education, 1990.

The National Center for Improving Science Education. The High Stakes of High School Science, Andover, Mass.: The National Center for Improving Science Education, 1991.

U.S. Department of Education, the National Commission on Mathematics and Science Teaching for the Twenty-first Century. Before It's Too Late: A Report to the Nation. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 2000.

U.S. Department of Education, National Commission on Excellence in Education. A Nation at Risk. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1983.

أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم

التزام بإحداث تحول

ستيفان بيس مارشال

أجرت صحيفة "شيكاغو تريبيون" فى ١٩٩٨ لقاء مع مارى كاثرين بيتسون عالمة الأنثروبولوجيا ، والمؤلفة ، وإينة مرجريت ميد وجريجورى بيتسون. سئلت بيتسون، " كيف يُعد أحد الوالدين حاليا طفله لعالم المستقبل الذى يصعب على أى من الوالدين تصوّره ؟"

وأجابت بيتسون، " دعنا نفترض أنك تعرف أن طفلك سيكون جزءا من مجموعة تذهب لتكوين أول مستعمرة فوق كوكب آخر ، كيف تُعد هذا الطفل للحياة هناك ؟ وهذا هو نوع السؤال الذى ينبغى أن نوجهه لأنفسنا فيما يتعلق بالتعليم . إنك لن تستطيع أن تجهز طفلك لسوق الوظائف الذى سيوجد بعد عشرين سنة من الآن . وبالتالي كيف يمكن لك أن نبني مقرا دراسيا ليشكل فردا حتى يكون رائدا فى عالم مجهول - ذلك أن هذا هو ما يكونه المستقبل" (شرودر ١٩٩٨)

طالما سأل المتأملون من رجال التعليم هذا السؤال ، ولكنهم لم يحتاجوا قط للإجابة عنه ، ذلك أن هناك أمورا أكثر ضرورة ، هى الانشغال بتبصرات جديدة حول تعلم البشر وإحداث تحول فى البنى التقليدية للتعليم المدرسى . ترتبط نوعية مستقبلنا ارتباطا لا ينفصم بقدراتنا على اكتساب المعرفة ، وتوليد المعرفة ، وتواصل كسب العيش ؛ وهذه القدرات ستكون هى المقياس الجديد " للثروة ، وخلق الثروة ، والإستدامة" فى عهد المعرفة (مارشال ١٩٩٧ ، ١٩٩٨ ، ١٩٩٩).

مقدمة

لدينا قصة تروى .

إنها قصة معهد صغير السن نسييا ، أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم . تصف القصة ما تؤديه الأكاديمية "عن قصد" لتخلق بيئة تعليمية تنمى وتربى المواهب العقلية والإبداعية ، وذلك أساسا فى الرياضيات والعلم ولكنها ايضا تتكامل مع الفنون والانسانيات . فنحن نريد لطلبتنا أن يكون منهم " رواد فى أرض مجهولة " ونريد أن نسهل هذه العملية من خلال خلق مجتمع يتعلم على نحو عقلى فعال ومفعم بالخيال والتأمل بحيث يطلق الخير والعبقرية من كل الأطفال ، ويشجع ويحفز كل ما فى الروح البشرية من قوة وإبداع من أجل العالم .

هكذا فإن أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم هى تجربة متواصلة فى التعليم؛ عمل مازال يتقدم هو يلتمس فهم وتوضيح العلاقات بين أمرين ، أحدهما الممارسات التعليمية التى تخطط عن عمد ، والتى تدفعها الكفاءة ، وتتأسس على البحث ، وفيها تركيز على المشاكل وفيها تكامل ؛ والآخر قدرة الدارس على الاشتراك فى ادراك منهجى عميق للمفاهيم ، وتشكيل عقل أكثر تكاملا وتفكرا ، واكتساب الدراسين للقدرة والرغبة على التخيل ثم العمل على تشكيل عالم رحيم ومستدام يعمل لصالح الجميع.

هناك حسب ما أعتقد صلة عميقة للعالم الذى نرغب فى تشكيله ، مع العقل (والوعى) اللازم لتشكيله ، وكذلك مع الممارسات التعليمية التى نبتكرها للأطفال عن عمد . (مارشال ١٩٩٧ ، ١٩٩٨ ، ١٩٩٩). وهذا الاعتقاد هو ما يدفعنا إلى الاشتراك بالبحث اللازم للتوصل لحل لسؤالين حاسمين :

١- ما هي طبيعة النموذج الأساسي (Paradigm) للتعلم الذي يجب أن يكون أساس معرفتنا لمجتمع كوكبي جديد ومستدام ؟

٢- ما هي ظروف التعلم التي تجعل من الممكن أن يصبح لهذا النموذج الأساسي الجديد ظهوره الواضح في المدارس من أجل أن يصير الفهم المنتج المتكامل هو الأمر الأكثر ترجيحاً ؟
قصة أكاديمية إلينوى هي رحلتنا للتوصل إلى حل لهذه السؤاليين.

إنشاء وتاريخ أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم

تشارك في تأسيس الأكاديمية د. ليون ليدرمان الحائز على جائزة نوبل هو وجيمس ر. تومسون الحاكم السابق لولاية إلينوى وتم إنشاء الأكاديمية في ١٩٨٦ بواسطة الجمعية العمومية لإلينوى من أجل أن تكون أول معمل تعليمي عام في الولايات المتحدة يقيم فيه لثلاث سنوات طلبة في سن طلبة الثانوية لهم موهبة رفيعة في الرياضيات والعلم . وهناك حالياً عدد من ٦٥٠ من الطلبة الموهوبين أكاديمياً من كل أنحاء إلينوى قد التحقوا بالأكاديمية لثلاث سنوات (الصفوف ١٠-١٢) ؛ ويتم الالتحاق بطريقة انتقائية رفيعة ولا تدفع أي مصاريف للدراسة أو شغل الغرف أو تكاليف الإقامة . وقد تخرج من الأكاديمية منذ ١٩٨٦ عدد يزيد عن ٢٥٠٠ طالب يمثلون ٨٠٠ منطقة مجتمعية (بلدان أو مدن) من كل إلينوى .

شكّلت الأكاديمية أيضاً لتعمل كحافز ومعمل للإرتقاء بالتدريس والتعلم في الرياضيات والعلم بالنسبة لكل طلبة ومدرسي إلينوى . وقد تأسس لخدمة هذا الهدف في ١٩٩٨ مركز الإرتقاء والتجديد للتدريس والتعلم في الرياضيات ، والعلم ، والتكنولوجيا ، وذلك ليخطط ، وينشئ ، ويقدم برامج للطلاب الآخرين ورجال التعليم الآخرين في إلينوى . ويعمل هذا المركز

النشط فى خدمة ما يقرب من ٢٠٠٠ طالب (من الصفوف ٣ - ١٠) و ١٥٠٠ معلم ، فى كل سنة .

الأكاديمية : الرسالة والتحدى

رسالة الأكاديمية هى " ... إحداث تحول فى تدريس وتعلم الرياضيات والعلم عن طريق تنمية قادة أخلاقيين يدركون متعة اكتشاف وتشكيل الروابط التى توجد فى الداخل من ، وفيما بين الرياضيات ، والعلم ، والفنون ، والانسانيات ... " . وقد توصلنا بالعمل مع الطلبة المقيمين والطلبة الخارجيين ورجال التعليم ، إلى تعيين مبادئ تخطيطية قوية ومتكيفة من أجل بناء الفهم العلمى ، وصياغة العقل ، والقدرة الرياضية لكل الطلبة .

وهذه المبادئ التخطيطية - " ممارسات التعلم التى تدفعها الكفاءة والتى تتأسس على البحث ، وفيها تركيز على المشاكل ، وفيها تكامل " - تؤدى إلى تغيير أساسى فى الطرائق التى يشترك بها طلبة ومعلمو الأكاديمية فى الرياضة والعلم ، وكذلك أحدهم مع الآخر . ونجد أن ممارسات التعلم المخططة حسب هذه المبادئ تمكن الطلبة من اكتساب أسس متينة من معرفة محتوى فروع العلم (وصلات الارتباط بين هذه الأفكار) ومن المهارات ؛ وتعطيهم القدرة على استخدام ما بالعلم والرياضيات من هذه الأفكار والعمليات والأدوات لاكتساب وتوليد معرفة جديدة ؛ وان يطبقوا المعرفة لحل المشاكل العالم الواقعى ؛ وأن يصبحوا مهنيين لأن يكونوا كتلاميذ للحرفة بين الباحثين (أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم ٢٠٠١) .

ولدينا من خبرتنا وكذلك من ابحاثنا الرأسية ما يدعم اعتقادنا بأن الطلبة كلهم سيكون لهم انجاز بمستويات رفيعة لها قدرها فى فهم الفروع العلمية والعلوم البينية وأنهم سيتعلمون الطريقة التى يعملون بها عندما يؤدون

علما حقيقيا ، 'لو' كانت الممارسات التعليمية قد خططت عن قصد من أجل تمكينهم من فعل هذا .

وكنتيجة لذلك فإن الممارسات التعليمية للأكاديمية تمكن الدارسين من:

- توجيه تعلمهم إلى مزيد من الفاعلية ، والتركيب ، والتماسك ، والإبداع، والتكامل.

- زيادة مشاركتهم عقليا وإجتماعيا ، وعاطفيا مع الآخرين وزيادة مسئوليتهم تجاه الآخرين فيما يتعلق بالمسائل ذات الأهمية الحقيقية.

- المشاركة في التعلم الذي يكون بطريقة تعاونية ، والذي يركز على المشاكل ويتأسس على البحث بحيث ينشأ عنه طرائق متكاملة للمعرفة، وصلات ربط ما بين فروع العلوم ، كما ينشأ عنه الفضول.

- الإسهام في المسئولية عن العالم وعلى نحو كامل ، لأن الدارسين يجيدون بسلاسة العديد من اللغات ومن طرائق المعرفة - أى العلم، والرياضيات ، والشعر ، والموسيقى ، والطبيعة ، والرقص ، والفنون، والانسانيات .

سنجد أنه في غياب هذه الكفاءات يصبح الأطفال معوقين في تعلمهم في عالم ينطلق بالمعرفة والمعلومات ؛ ولن يكونوا قادرين على ابتداء العقل التكاملي اللازم لتقدم حال الإنسان في القرن الحادى والعشرين .

جوهر الكفاءات والأهداف : كما يخطط عن قصد

منهج أكاديمية إلينوى الذى تدفعه الكفاءة هو كيان متماسك ومتكامل من المعرفة والمهارات التى تؤدى إلى مشاركة الطلبة على نحو نشط بتفهمات وتبصرات فى المعرفة بالأفرع العلمية وبالعلوم البيئية . هذا وقد استخدمت المعايير القومية لكل فرع علمى (الجمعية الأمريكية لتقدم العلم ١٩٩٣ ؛ المجلس القومى لمدرسى الرياضيات ١٩٩٨ ؛ المجلس القومى

للأبحاث ١٩٩٦) وكذلك معايير التعلم فى الإنوى (هيئة التعليم فى ولاية
الإنوى ١٩٩٧) استخدمت كلها كإطار الابتدائى لإنشاء معايير المحتوى
المعرفى للأكاديمية (أكاديمية الإنوى للرياضيات والعلم ، ١٩٩٩). وتأسس
المنهج الدراسى أيضا على ما لهذا المعهد من معتقدات، وفلسفة، ورؤية،
ورسالة.

فلسفة الأكاديمية هى " أن يدرّس لكل طفل وكان له القدرة على
إحداث تأثير مهم فى الحياة على كوكبنا" ، ورؤيتنا هى " أن نطلق الخير
والعبقريّة فى كل الأطفال من أجل العالم" ، ورسالتنا هى " أن نحدث تحولا
فى تدريس وتعلم الرياضيات والعلم بأن ننمى قادة أخلاقيين ومفكرين
تكاملين" ؛ وهذه الأمور الثلاثة كلها تعمل كمرجعية لمقررنا الدراسى
وطريقة تناولنا للتعلم .

يجرى فى الأكاديمية حاليا البحث فى تخطيط المنهج وتقييمه بحيث
يكون الأمر كامنا داخل السياق الأكبر لإنشاء نظام تعليم متماسك ومتكامل.
سوف يمكن هذا النظام الطلبة من أن يكتسبوا ، ويولدوا ويستخدموا المعرفة
بالعالم ، ويوضع هذا النظام فى إطار أربعة مبادئ للتخطيط :

• "نظام تدفعه الكفاءة" ، ممارسات تعليمية تدفعها الكفاءة تمكن الطلبة من
(١) أن يكتسبوا أسسا قوية للمحتوى المعرفى والمهارات بأفرع العلم ،
وما فيها من الأفكار المفتاح، وما يوجد من صلات ارتباط بين هذه
الأفكار ؛ و(٢) أن يستخدموا أفكار، وعمليات ، وأدوات أفرع العلم
لاكتساب وتوليد معرفة جديدة ؛ و(٣) أن يطبقوا المعرفة لتناول القضايا
ولحل مشاكل العالم الواقعى .

• "نظام مبنى على البحث" ، ممارسات التعلم المبنية على البحث تعزز من
التفكير التحليلي، وتعزز من توليد المعرفة وتطبيقها ، وبناء المعنى من

خلال أبحاث واعية مدفوعة بأسئلة تفرض نفسها بقوة وتكون قد شغلت ،
أو فيها إمكان أن تشغل ، فضول دارس العلم (أكاديمية إلينوى للرياضيات
والعلم ٢٠٠٠ ؛ المجلس القومى للأبحاث ٢٠٠٠)

• " نظام يركز على المشاكل " ، ممارسات التعليم التى تركز على المشاكل
هى ما يحدث فيها أن يشارك المتعلمون عمليا فى مشاكل معقدة ذات
مغزى وبنهايات مفتوحة، ويعملوا على حلها (أكاديمية إلينوى للرياضيات
والعلوم ٢٠٠٠؛ تورب ١٩٩٨) .

• "نظام تكاملى" ، ممارسات التعلم التكاملية تصوغ روابط لها معناها تربط
المفاهيم، والتكوينات ، والمبادئ الموجودة داخل وعبر المواضيع
الأكاديمية مع المواقف فى العالم الواقعى .

هذه المبادئ للتخطيط هى البؤرة فى التعليم ، والتقدير ، وإنشاء المنهج
الدراسى، والتقييم ، وهى أيضا البؤرة فى قوة الارتقاء المهنى.

تناضل أكاديمية إلينوى لتخطيط بيئة تعلم توفر ساحة للمخاطرة ،
والتجديد ، والتجريب ، والتحدى ، وتمد بالطاقة والوقت وقدرة التعبير فيما
يتعلق بأبحاث الطلبة وإبداعهم . تتأسس هذه البيئة للتعلم على "معايير
أكاديمية إلينوى للتعلم ذى المغزى".

معايير التعلم ذى المغزى -

تنمية العقل التكاملى

خطط المنهج الدراسى لأكاديمية إلينوى ليتمكن الطلبة من أن يثبتوا
عمليا تناميهم حسب معايير أكاديمية إلينوى للمحتوى المحدد للأفرع العلمية
وكذلك حسب معايير الأكاديمية للتعلم ذى المغزى (أكاديمية إلينوى
للرياضيات والعلم ١٩٩٤) . وهذان النوعان من المعايير يمثلان ويوفران

معا الدليل على وجود تلك العادات الذهنية التي نعتقد أنها تسهم في الطرائق التكاملية لفعل المعرفة .

نجد بوجه خاص أن معايير الأكاديمية للتعلم ذي المغزى تحوى ستة عشر معيارا تنظم حول خمسة أبعاد : تنمية أدوات التفكير ، والتفكير حول التفكير ، وتوسيع الفكر وتكامله ، والتعبير عن التكوينات وتقييمها ، والتفكير والفعل مع الآخرين . ونحن نتوقع لهذه الطرائق لفعل المعرفة أن تتوسع وتتعمق بمرور الوقت (يمكن العثور على قائمة كاملة لكل معايير أكاديمية إينوى للرياضيات والعلم عند موقع www.imsa.edu) .

الرياضيات والعلم كعامل تكامل للخبرة البشرية

نحن في أثناء استمرارنا في تنمية برنامجنا ، على وعى شديد بأن القرارات التي نتخذها بشأن المنهج الدراسي ، والتعليم ، والتقييم ، هي قرارات أساسية بالنسبة لأنواع العقول التي نعطي لأطفالنا الفرصة لتكوينها ونشجعهم على ذلك . وإذا كنا جادين فيما يتعلق بحل المشاكل التي تضر بنا كمجتمع كوكبي ، فإننا يجب أن نشجع طلبتنا على تكوين نوع العقل الذي يستطيع أن يعين هذه المشاكل البشرية الكوكبية وأن يحلها .

وهذا أمر مهم بوجه خاص في تعليم الرياضيات ، والعلم ، والتكنولوجيا . وعلى الرغم من أن الرياضيين والعلماء الذين نموا قدرة رياضية وإطارا علميا للعقل يتفهمون ما في الرياضيات من جمال وأناقة وسمتريّة كلغة ذات نمط ويعرفون أن العلم نافذة على عجائب الكون والعالم الطبيعي ، إلا أن هذه الأوجه من الفهم والتوجه في الرياضيات والعلم كلها غريبة عن معظم الطلبة . وفي اعتقادي أن سبب ذلك هو طريقة تناول

الرياضيات والعلم على نحو عقيم وضيق عقلانيا (بطريقة خوارزمية)^(٩) وهي تنتشر في معظم حجرات الدراسة ، وتؤكد على تكديس المعلومات بينما يُعزل الطلبة عما في العالم الطبيعي من أسئلة ومشاكل محيرة وما فيه من عجائب .

ليس سرا أنه من الممكن أن ينال الطالب أعلى درجة ممكنة في امتحان للرياضيات أو الفيزياء معد حسب المعايير القومية ، مع أن الطالب لا يزال لا يفهم بعمق المفاهيم الأساسية للعالم الفيزيقي . ومع أن الكثيرين من طلبة المدارس الثانوية في الولايات المتحدة يتخرجون وقد افترض أنهم ضليعون في أفرع العلم ، إلا أن هناك أدلة متزايدة تطرح أنهم يتخرجون أيضا بتفكير يتميز بالقوالب النمطية ، وسوء الفهم ، وبدعاوى لم تختبر ، وخوارزميات يتمسكون بها في جمود مما يكبح توصلهم إلى الفهم العميق الحقيقي (سنييس وسادلر ١٩٨٧) .

الرياضيات هي اللغة الشاملة للعلم . وهي لغة للأنماط والعلاقات كما أنها فرع علمي يستكشف العلاقات بين التجريدات . ويجب أن يدرك الطلبة الرياضيات كجزء من المسعى العلمي . ويجب أن يتفهموا طبيعة التفكير الرياضي ، ويجب أن يكونوا على دراية بالطريقة التي يتم بها بناء المعرفة الرياضية ، ويجب أن يفهموا ما الذي يدفع البحث الرياضي .

الرياضيات لغة من السمترية والصلات البينية ، ولكن الطلبة يرون أنها خطية ومنفصلة . والرياضيات شكل من التجريد ، والتحويل إلى رموز ، والتطبيق ، ولكن الطلبة يرونها كعملية من الحفظ في الذاكرة والحوسبة .

(٩) الخوارزمية (algorithmic) : طريقة لحل المشاكل في عدد محدود من الخطوات

بمجموعة محددة من الإجراءات الرياضية والمنطقية . (المترجم)

ونحن كأطفال لا تبدأ استكشافنا للعلاقات في العالم الطبيعي على هذا المنوال. فكل طفل يولد كعالم عند مستوى معين عميق وأساسى . ولسوء الحظ فإن الرياضيات والعلم كما تدرس في معظم مدارسنا تقلل من قدرتنا الطبيعية على البحث والاستكشاف. ويجب علينا أن نعيد باستمرار إشعال جذوة حب البحث في العالم الطبيعي لدى الطلبة بأن نبدع ممارسات تعلم تصل بينهم وبين عجائب هذا العالم.

ومن خلال إطار الاستكشاف والكشف في الرياضيات والعلم، يجب أن يصبح الطلبة قادرين على فهمها "كلمات" و"كطرائق للمعرفة" ، تكون قاعدة المعرفة فيها هي ومنظومات الرمز ، والمفاهيم ، وأنماط البحث وإثبات الحقيقة ، كلها مما يستطيع تعزيز فهم أفرع العلم الأخرى وأشكال المعرفة الأخرى . يجب أن يصبح للطلبة تعدد لغوى ؛ فيجب أن تكون لديهم القدرة على ترجمة واستخدام المنظومات الرمزية لأحد الأفرع العلمية لفهم تعقد الأفرع الأخرى . وإذا لم يفعلوا ذلك فإنهم ببساطة لن يكون لديهم أدوات توليد المعرفة في القرن الحادى والعشرين .

وعلى أساس من معتقدات أكاديمية إلينوى ، وعلى أساس من فلسفتها، ورؤيتها ، ورسالتها ، اختارت الأكاديمية عن عمد أن تخلق ممارسات تعلم في الرياضة والعلم تربط بين الطلبة وبين رشاقة الرياضيات وعجائب البحث والكشف العلمى .

الأبحاث الرياضية

عُنون جوهر برنامج الرياضيات لأكاديمية إلينوى " بالابحاث الرياضية " . وهو مقرر متكامل متسلسل في أربعة فصول دراسية ، خطط لوضع تأكيد أعظم لتمثيلات متعددة للأفكار ، والاستدلال ، وحل المشاكل ، والتواصل ، وصلات الارتباط فيما بين الأفكار الرياضية وكذلك بين

الرياضيات والأفرع العلمية الأخرى . يدرس الطلبة أفكارا من كل مجالات رياضة ما قبل التفاضل والتكامل ، بما فى ذلك الجبر ، والهندسة ، وحساب المثلثات ، وتحليل البيانات ، والرياضيات المنفصلة (المتقطعة)^(*) ، وهم يفعلون ذلك بمنوال متكامل ، فيه تركيز على المشاكل وفيه تعاون . يتعلم الطلبة استخدام الرياضيات فى أنواع شتى من الأوضاع داخل الفرع العلمى وما بين العلوم بالإضافة إلى الدراسات الرفيعة فى الرياضيات .

أهداف "الأبحاث الرياضية" هى التوصل إلى :

- تكامل للموضوعات من كل مجالات رياضيات ما قبل التفاضل والتكامل .
- تمكين الطلبة من اكتشاف صلات الارتباط التى فى الداخل من ، وبين ، مفاهيم الجبر والهندسة وحساب المثلثات .
- تمكين الطلبة من متابعة حساب التفاضل والتكامل عند المستوى الرفيع وأن يساهموا فيما يُنتقى من رياضيات أخرى مثل الرياضيات المنفصلة، أو الإحصائيات ، أو مقررات حل المسائل.
- تمكين الطلبة من أن يتساءلوا عن صحة دعاواهم حول تعلم وممارسة الرياضيات، وأن يستكشفوا طرائق للتحقق من الأمور بأنفسهم ، وأن يطبقوا المعرفة الرياضية فى سياقات مختلفة .
- تمكين الطلبة من أن يكونوا مسئولين عن التوصل بأنفسهم لقاعدة معرفتهم بدلا من الاعتماد على أن يعرضها لهم المدرس.

(*) الرياضيات المنفصلة أو المتقطعة تتناول بيانات منفصلة مثل نظرية الأعداد ، وهى تختلف عن الرياضيات المتصلة كالهندسة الاقليدية مثلا ، وقد زادت أهمية الرياضيات المنفصلة الآن لعلاقتها برقميات الكمبيوتر . (المترجم)

تؤدي هذه الطريقة من تناول البحث الرياضى تناولا متكاملًا استكشافيا إلى أن تتيح للأكاديمية إدماج أبعاد متعددة للرياضيات ، بما فى ذلك تحليل البيانات والرياضيات المنفصلة (أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم ١٩٩٩). تدور " الأبحاث الرياضية " حول أن " توضع الأشياء المختلفة معا، وليس أن يجرى توفيق بين خوارزميات ...فتصبح الرياضيات ملكا لهم...". (رون فافرينيك ، مدرس الرياضيات فى أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم ، إتصال شخصى ، ١٩٩٩).

الأبحاث العلمية

عُنون جوهر برنامج العلم فى أكاديمية إلينوى "بالأبحاث العلمية" (تورب ومن معه ١٩٩٩) ، وهو برنامج مازال يجرى حاليا على نحو استطلاعى . وهو يوفر للطلبة أن يكون جوهر الممارسة العلمية ثريا وفعالا ويتخلل بوضوح قدرة الطالب البحثية فى المنهج الدراسى للعلم .

أهداف "الأبحاث العلمية " هى :

- غمر الطلبة بمحتوى علمى ثرى .
- اشتراك الطلبة فى تعيين وحل المشاكل التى تدمج بين التعلم وأداء العلم.
- حفز الطلبة على مواصلة الاهتمام والقيام بدراسة العلم والتكنولوجيا خلال حياتهم كلها .
- دعم أن يصبح الطلبة متعلمين تكاملين ويتميزون بالتركيب فى التفكير.
- تحدى الطلبة ليثبتوا عمليا إدراكهم الحقيقى للمفاهيم من خلال استخدام أشكال متعددة من التقييم (تجرى الآن فى أكاديمية إلينوى عملية إنشاء إطار لحافضة للتعلم التكاملى تمثل ما لدى الطلبة من تكامل متماسك وتركيب لكل أبعاد تفكيرهم عبر سنوات ثلاث) .

صممت وحدات مكملّة خاصة بالبحث يمارس فيها الطلاب ما فى العلم من مفاهيم وعمليات موحدة وذلك على نحو تواترى حتى يمكنهم هذا من أن يبنوا فى تقدم الوعى والمعرفة ثم يعمقوا بعدها من هذا الفهم من أجل أن يتعلموا العلم فى المستقبل.

يسترشد البرنامج بسؤال يُوضع من منظور الطالب : "كيف لى أن أتوصل إلى معرفة العالم الطبيعى ووضعى فيه ؟"

تبدأ ممارسات التعلم فى هذين الفصلين الدراسيين المتعاقبين بالظواهر أو المشاكل ، التى توفر سببا قويا للتعلم ، والبحث ، وجمع الأدلة بما يدعم فهما متكاملا للمفاهيم والعمليات العلمية وهى فى علاقة مع قضايا وموضوعات لها مغزاها وتثير الاهتمام أو مع عمليات جوهرية . وبينما ينقب الطلبة لأعمق فى دراستهم ، يتخذ المدرسون دور القائم بالتيسير ، والتدريب ، والتوسط كما أنهم أيضا يصنعون النموذج لعمليات البحث بصفقتهم مشاركين للطلبة فى العلم . يخطط الفصل الدراسى " للأبحاث العلمية " ليكون مجتمعا حقيقيا للتعلم ، حيث توضع الفكرة المطلوب فهمها بكل ما فيها من قوة فى المركز من البحث . ويشارك المدرس ومتلقى العلم معا فى عملية اكتشاف مشتركة متبادلة فيما بينهما .

ومن الضرورى بالنسبة لفلسفة " الأبحاث العلمية " مشاركة الطلبة فى تعلم المفاهيم والعمليات العلمية بالطريقة التى قد يواجهها بها العلماء الممارسون ، بمعنى أن يكون ذلك من خلال الظواهر اللافتة أو المشاكل التى تفرض نفسها بقوة . ومع خلق بيئات تعلم مؤسسة على البحث ، يصبح من المتوقع أن الطلبة سيكتشفون وجود الحاجة إلى السيطرة على أوجه إدراك لمفاهيم معينة أو مهارات معينة قبل أن يتمكنوا من الوصول إلى أى تقدم فى تفهم المشكلة أو الظاهرة الأوسع التى تكون قيد البحث . وتقدم عند التطبيق طريقة تدريس تخطط جيدا لتمكن من تعلم أو ممارسة هذا الفهم أو هذه

المهارة من خلال سياق المشكلة أو الوحدات المكملة . وهكذا فإن ممارسة التعلم سترضى الرغبة في المعرفة وقتما تكون هذه الرغبة في أقوى حالاتها .

ستؤدي " الأبحاث العلمية " إلى دعم الطلبة في رغبتهم وحاجتهم لأن يصبحوا مسئولين عن تعليم أنفسهم ، وذلك بأن تشجع وتعزز بحث الطالب من خلال سياق تقييم الكفاءات عن طريق الحوار ، والملاحظة ، والتدريب القصدي ، وإرشاد المحترفين . تُستخدم استراتيجيات تدريس ترضى ما يمتلكه الطالب وترعى التعلم المؤسس على البحث . وكنتيجة لذلك سوف يرقى ويزدهر الطلبة من ذوى الثقة بالذات والذي يكونون من الدراسين ذوى التوجه الذاتى .

البحث والبحث العلمى عند الطالب

البؤرة الرئيسية لبرنامج الأكاديمية هي تشئة باحثين مفعمين بالفكر ، وقادة أخلاقيين ، وإداريين مسئولين . وفى حين أن الكثير من التدريس لدينا يحدث من خلال الفصول الدراسية داخل حجرات الدراسة ومن خلال الممارسات العملية ، إلا أن هناك ماله قدره من التعلم والابحاث العلمية يجرى خارج الحدود الجغرافية للأكاديمية .

يشارك الطلبة بنشاط من خلال هذه الممارسات للتعلم فى توليد المعرفة بمنثما يشاركون فى اكتسابها . وهم باحثون مزاملون وشركاء متساوون ؛ وهكذا فإنهم يمارسون المتعة بالاكشاف وخيبة الأمل بالفشل . ويتعلمون القدرة على متابعة أحد الأسئلة إلى أى مكان يقود إليه ويتعلمون القدرة على استتباط الأمور . وهم يبالغون التقدير والاحترام بسبب مواهبهم وأسئلتهم .

يقوم البحث العام والبحث العلمى عند الطلبة بدور مكوّن جوهري للبرنامج الأكاديمى . يعمل الطلبة مستقلين وعلى نحو تعاونى مع نظرائهم ،

ومع العلماء الممارسين ، والباحثين . ويرعى هؤلاء الخبراء تنمية الطلبة ليرتقوا بمهاراتهم وتكاملهم فى التتقيب عن المشاكل ، وحل المشاكل ، وكتلازمة فى حرفة البحث ، فيتيحوا لهم تنمية المهارات المطلوبة للنجاح فى عالم القرن الحادى والعشرين.

أهداف البحث والبحث العلمى للطالب هى :

• تحدى الطلبة ليشاركوا فى الأبحاث الدراسية والعلمية ، كما يشاركوا كذلك فى التعبير الفنى .

• تمكين الطلبة من الإيفاء بمعايير التعلم ، وتوليد المعرفة ، وصنع صلات الارتباط، وتنمية فهم أكثر ثراء بذاتهم ، وبالعالم ، وبوضعهم فى العالم .

• تمكين الطلبة من استقصاء المسائل والتخطيط للعمل الخلاق المنهجى .

• عرض نتائج ما هو أخلاقى من البحث والبحث العلمى .

• بناء قدرة الطلبة على تخطيط وتنفيذ ممارسات علمية موجهة ذاتيا بحيث تنمى العادات الذهنية للمتعلّم التكاملى .

• تمكين الطلبة من أن يكونوا باحثين متشككين يعملون بمستويات تتزايد رقيا فى استقلاليتها ، تحت إرشاد محترفين ذوى علم فى مجالاتهم .

تؤدى المساهمة فى برنامج البحث والبحث العلمى إلى تشجيع الطالب النشاط على طرح الأسئلة ، واجراء الأبحاث ، وتقديم العروض ، بحيث يكون لذلك موقعه فى سياق الاهتمامات التى يتشارك فيها مجتمع من الدارسين . (أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم ، برنامج البحث والبحث العلمى عند الطلبة ٢٠٠٠)

يوفر برنامج البحث والبحث العلمى فى الأكاديمية أنواعا شتى من ممارسات تعلم البحث والبحث العلمى للطلبة (أكاديمية إلينوى للرياضيات

والعلم ٢٠٠٠ ؛ المجلس القومى للبحوث ٢٠٠٠ ، مينستريل وفان زى ٢٠٠٠ ؛ ليولن ٢٠٠٢) حتى يتابعوا أسئلة لها أهميتها تفرض نفسها ، ويجروا أبحاثا علمية أصلية فى العلم والمجالات الأخرى ، ويبدعوا ويبتكروا المنتجات والخدمات ، ويتشاركوا فى أبحاثهم من خلال العرض والنشر ، ويتعاونوا مع الطلبة الآخرين والباحثين فى أرجاء العالم كله . ويترتب على ذلك أن يعرض طلبة كثيرون أبحاثهم العلمية فى منابر محلية وقومية ودولية؛ وفى مباريات على نطاق الولاية والنطاق القومى (مباريات "إنتل" للبحث عن المواهب العلمية ، ومباريات سيمنز - وستجهاوس ، وندوة الصغار للعلوم والانسانيات ، وقراءات ساخاروف) ؛ ومجالات الدراسات المحكّمة .

يساهم الطلبة فى برنامج البحث والبحث العلمى من خلال واحدة أو أكثر من الممارسات التالية :

● "علاقة اشرافية " وهى تشارك فى بحث تفاعلى بعيدا عن الموقع حيث يقرن الطلبة مع علماء وباحثى ماجستير فى المتاحف ، والشركات ، والمعاهد التعليمية ، ومعامل البحث وذلك فى منطقة شيكاغو . ويجرى البحث على الموقع فى يوم واحد بكل اسبوع فى أنواع مختلفة من الأفرع العلمية .

● "البحث" وهو دراسة فى العمق لموضوعات تُنشأ فى خطة فردية للبحث تعكس اهتمامات الطلبة ، وتجرى تحت اشراف عضو خبير من العاملين بأكاديمية إلينوى أو هيئة التدريس بالكلية .

● "المقررات الدراسية لأكاديمية إلينوى" وهى تقدم للطلبة الفرصة للبحث من خلال عمليات استقصاء فى إحدى المشاكل ، أوفى موقف إشكالى ، أو أنموذج ، أو ظاهرة .

تقييم التعلم

منذ افتتاح الأكاديمية في ١٩٨٦ ، أنشأت كلية أكاديمية إلينوى واستخدمت طرائق متعددة لتقييم تعلم الطالب . وقد رُبط بين هذه التقييمات وبين أهداف المقرر الدراسي الفردي بالكلية ، ورُبط في بعض الأمثلة بينها وبين أهداف المقررات الجوهرية التي يدرّسها أكثر من عضو واحد من هيئة الكلية . وبالإضافة إلى ما يوجد من وسائل تناول تقليدية مثل الامتحانات التحريرية التي تركز على اكتساب المحتوى المعرفي ، أنشأ أعضاء الكلية أيضا وصقلوا استراتيجيات للتقييم (ويجينز وماك تاي ١٩٩٨) بحيث تتيح الحصول على مدى أوسع من دالات تعلم الطلبة فيما يتعلق بالتزام الأكاديمية بتنمية متعلمين تكاملين - أي متعلمين لهم القدرة على اكتساب ، وتوليد ، وتطبيق المعرفة في مواقف العالم الواقعي .

تتضمن هذه الاستراتيجيات تقييمات مشتركة لبعض المجالات التي في الجوهر من المنهج الدراسي ، وتقييمات بالفديو للبراعة في اللغات الأجنبية ، وتقييمات للأداء، وخرائط لصور الفهم ، ومجالات فكرية ، ومشاريع ، وعروض ، ومعارض، وتغذية مرتدة من الواقع إلى المعلمين في شكل كتابات موجزة .

ومع أن استراتيجيات التقييم هذه لها قدرة كبيرة في الحصول على مقدار أوسع من مدى ما تعلمه الطالب فيما يتعلق بالتزام الأكاديمية بتنمية متعلمين تكاملين، إلا أن هذه الاستراتيجيات لم تصل بعد إلى تشكيل منظومة لجمع المعلومات والمشاركة ، تتعلق بتنمية تفهم بتصوير فكري عميق ، ومعرفة طريقة تمثيل الطلبة لمعرفتهم ، وطريقة تناميهم في المهارات والمعرفة المنهجية . ويجري العمل الآن في أكاديمية إلينوى لتكوين هذه المنظومة .

ونحن نتصور أن هذه المنظومة ستمكن من الحصول على ، ومن متابعة ، وتوفير المعلومات حول تعلم الطالب وذلك لأغراض متعددة .
فبالنسبة للطلبة ستساعدهم هذه المعلومات على اتخاذ قرارات في المستقبل عن تعلمهم؛ وبالنسبة للكلية فإنها توفر معلومات عن محتوى المنهج الدراسي وممارسات التدريس ؛ وستتوفر للوالدين المعلومات عن مدى تقدم أطفالهم بالنسبة لما يُتوقع من التعلم ؛ وبالنسبة لقادة البرنامج والمعهد ، ستوفر المعلومات لتحسين البرنامج، وتخصيص الموارد ، وتوفير المعلومات لمودعي الأموال ، لأغراض المسؤولية الحسابية .

وصل أداء طلبة أكاديمية إلينوى إلى مستوى تاريخي حيث بلغ مستوى أعلى ١ إلى ٣ في المائة من إجمالي الطلبة في الولايات المتحدة وذلك حسب الامتحانات التقليدية ذات المرجعية المعيارية (اختبار الإجازة الدراسي واختبار الكلية الأمريكية). وبالإضافة فإن الدرجات التي نالوها في امتحان الرياضيات للمدارس الثانوية الأمريكية ، وهو اختبار صمم حتى يمكن أن نعيّن ونتعرف على طلبة الرياضيات الموهوبين والطلبة الذين لهم إمكان التسابق في أولمبيات الرياضيات ، قد وصلت بأكاديمية إلينوى سنويا إلى مرتبة إحدى المدارس الخمس التي في قمة المدارس الثانوية في الدولة. وبالإضافة ، فإن ما أجرته أكاديمية إلينوى من دراسة داخلية طويلة خاصة بها عن درجات اختبار الرياضيات للمدارس الثانوية الأمريكية تدل على أنه قد حدثت بعد إدخال "برنامج أكاديمية إلينوى للأبحاث الرياضية" ، زيادة صغيرة في الدرجات ولكنها زيادة لها معناها احصائيا .

تبحث أكاديمية إلينوى الآن تصميم تقييمات توفر الدليل على تنامي "العقل الجديد" الذي نلتمس تشجيعه . والتقييمات غير التقليدية من هذا النوع يجب أن يكون فيها تحدى وأن يكون لها سياقها في الداخل من المشاكل الحقيقية للعالم الواقعي ، وأن تكون لها القدرة على التوليد .

خدمة منطقة إينوى وما وراءها

تتخذ أكاديمية إينوى للرياضيات والعلم وضعها كرابطة العقد للتعليم العام فى إينوى حيث تقوم بدور المعمل من أجل العمل على تقدم تعلم وتدرّس العلم والرياضيات . ونجد فى كلية مرحلة الحضّانة - الصف ١٦ أن المتخصصين فى الترقية المهنية هم والباحثين يستخدمون معمل الأكاديمية مع استراتيجيات ومواد التعليم والتدرّس المبتكرة لخدمة رجال التعليم فى إينوى هم ومنظومة التعليم فى الولاية وذلك بواسطة الارتقاء المهنى ، والمنتجات المستخدمة فى التعلم والتدرّس ، وبواسطة القيادة فى السياسات العامة . وتلتزم أكاديمية إينوى بخدمة مالم يتم استيفاءه من احتياجات طلبة ومدرسى إينوى فى تعلم وتدرّس الرياضيات والعلم وذلك من خلال برامج متنوعة (www. imsa.edu) .

تتضمن برامج طلبة إينوى التالى :

• "معهد صبية أكاديمية إينوى للرياضيات والعلوم" ويخدم طلبة المرحلة فى صفوف ٣-٩ ببرامج مثرية من الممارسة العملية تؤدى إلى تكامل مفاهيم العلم ، والرياضيات ، والتكنولوجيا مع الانسانيات . ويجرى تصميم البرامج وتدرّسها بواسطة طلبة أكاديمية إينوى وغيرهم من طلبة المدارس الثانوية الذين يدرّبهم طلبة الأكاديمية والعاملون فيها .

• "برنامج أكاديمية إينوى للتفوق ٢٠٠٠" وهو برنامج للإثراء العلمى فى مرحلة ما بعد المدرسة وهو يخدم (لمدة تصل إلى عامين ونصف العام) طلبة المدارس المتوسطة الذين لديهم الموهبة والاهتمام والحافز فى العلم والرياضيات ، مع تأكيد خاص على الطلبة الذين يحدث تاريخيا أن يُبخس تمثيلهم وجدارتهم فى هذه المجالات .

• "المدرسة الثانوية الافتراضية"^(*) فى إينوى" التى توسع من الفرص التعليمية بأن تقدم برامج دراسية (على الخط)^(*) لطلبة إينوى. وتقدم أكاديمية إينوى من خلال هذه المدرسة الافتراضية مقررات دراسية رفيعة المستوى فى الرياضيات والعلم .

• "أكاديمية المستقبل المهنى الدولى" وهى تعد طلبة المدارس الثانوية للمتابعات الأكاديمية والمهنية فى الأعمال المالية الدولية بأن يشاركوا فى مدى عريض من القضايا الاقتصادية ، والسياسية ، والثقافية التى تؤثر فى الاقتصاد الكوكبى المتنوع. وتمتد فيها ممارسات الطلبة طيلة ثلاثة فصول من الصيف وعامين دراسيين وتتضمن العمل المقيم فى إحدى شركات إينوى متعددة الجنسيات .

تتضمن برامج مدرسى إينوى :

• "شبكة تعلم مؤسسة على المشاكل" وهى توفر تدريب المدرسين ودعمهم المستمر فى استخدام الأدوات المؤسسة على البحث ومناهج التعلم المؤسس على المشاكل وذلك من أجل الرقى بإنجازات الطالب فى الرياضيات والعلم .

• "جسور تعلم العلم" وهو برنامج يستجيب للحاجة القومية لمعايير رفيعة فى معرفة وأداء الرياضيات ، والعلم ، والتكنولوجيا . وقد قام مشروع الجمعية الأمريكية لتقدم العلم ٢٠٦١ بتشكيل أدوات لها قدرة كبيرة فى إصلاح تعليم الرياضيات والعلم . وبرنامج الأكاديمية هذا للارتقاء المهنى

^(*) الافتراضية فى لغة الكمبيوتر تعنى استخدامه فى محاكاة لحقيقة أو شكل من الواقع وهو هنا المدرسة الثانوية .

^(*) على الخط (On-line) تعبير فى لغة الكمبيوتر يصف منظومة أو أجهزة معاونة تكون عملياتها تحت تحكم مباشر لوحدة المعالجة المركزية . (المترجم)

يوضح مالدیه من عوامل متجانسة مع نجاح مشروع ٢٠٦١ فى تجهيز رجال التعليم لاستخدام معايير الولاية والمعايير القومية للإرتقاء بإنجاز الطلبة بواسطة خبرة أكاديمية إينوى فى البحث ، والارتقاء المهنى ، وتشكيل بيئات تعلم مؤسسة على المعايير . وبالإضافة ، فإن هذا الارتقاء المهنى يساعد المدرسين على تحديث وتعميق معرفتهم فى مجالات العلم ، والرياضة ، والتكنولوجيا ، وذلك من أجل أن تبقى هذه الموضوعات مهمة وحديثة بالنسبة لطلبتهم .

• "تعلم المعلومات للقرن الحادى والعشرين " وهو برنامج يدرّب ويدعم المدرسين ، وأمناء المكتبات ، ومنسقى التكنولوجيا وذلك من خلال استخدام الطاقم القوى لمعدات الأكاديمية الموجود على موقع الأنترنت ، ([http:// lookit.imsa.edu/locate/](http://lookit.imsa.edu/locate/)) ، كأحد المصادر لتحسين تعلم الطالب.

تتضمن برامج جمهور إينوى مايلى :

• "برنامج العقول العظيمة لأكاديمية إينوى للرياضيات والعلوم" : وهو يوفر الفرص فى إينوى لرجال التعليم ، والطلبة ، والجمهور العام ، من أجل أن يتعلموا من ، وأن يتفاعلوا مع ، وينالوا الإلهام من العقول العظيمة لعصرنا ، بما فى ذلك الحاصلين على جائزة نوبل وغيرهم من القادة فى الرياضيات ، والعلوم ، والفنون ، والانسانيات وذلك من خلال حوارات وندوات ومحاضرات جماهيرية تُقدم فى أكاديمية إينوى ، وفى مواقع أخرى فى إينوى كما تُقدم على الخط.

قصتان

لماذا اختارت أكاديمية إينوى الاتجاه الذى اتخذناه - أى انشاء برنامج تدفعه الكفاءة ، ويتأسس على البحث ، ويتركز على المشاكل ، ويكون

تكامليا، وذلك من أجل تمكين الطلبة من اكتساب وتوليد واستخدام المعرفة في سبيل العالم ؟

إن الإجابة عن ذلك إجابة مباشرة .

يجب إحداث تحول في بنية المدرسة لأن معظم ما في المدارس من منهج دراسي وعمليات تعليمية وتقييمية تعد متناقضة مع مبادئ تعلم البشر . وبالتالي فإن المدارس غير قادرة على تنمية عقل تكاملي تعاوني (مارشال ١٩٩٧، ١٩٩٨، ١٩٩٩).

القصة الحالية عن النظام المدرسي

في اعتقادي أنه يوجد نموذج أساسي للتدريس والتعلم مفعم بالقوة وكثيرا ما يكون بلا وعي ، وهو نموذج يتجلى حاليا في معظم المدارس . وهذا النموذج الأساسي يتأسس على تفهم خاطئ للتعليم وللمبادئ الضرورية اللازمة لتشكيل بيئات تتمحور على متلقي العلم وتؤدي حقا لإطلاق مواهب المتعلمين . وقد ميزت خصائص تلك الافتراضات التي تؤسس للقصة الحالية للنظام المدرسي (أنظر شكل ١) ، وهي قصة تتأسس على ثقافة بالاكتساب ، والاستقلال ، والتنافس.

وفيما يلي الافتراضات التي تكمن في أساس القصة الحالية للنظام المدرسي:

- يتأسس التعليم على إيستمولوجيا^(١) تمجد ما هو قابل موضوعيا للتحقق، وما هو تحليلي ، وتجريبي ؛ وتعتبر ان الملاحظة الامبريقية هي أهم المهارات ؛ وتعتقد أن اكتساب معرفة الحقائق يتطلب تجرد الدارسين من انفعالاتهم عند متابعتهم للحقيقة الموضوعية ؛ وتعتقد أن الذاتية فيها خطر

(١) الایستمولوجیا نظرية المعرفة بوجه عام ، أو أحد فروع الفلسفة الذي يبحث في أصل المعرفة ومنهجها وصحتها . وهي تعنى أيضا الدراسة النقدية لمبادئ العلوم المختلفة وفروضها ونتائجها.(المترجم)

على متابعة الحقيقة الموضوعية ، وتتمسك بمقدمة منطقية ترى أنه لا توجد علاقة بين العارف وما يُعرف.

• التعلم عملية خطية سلبية موجهة خارجيا ، من أجل اكتساب المعلومات ؛ وهناك توثيقات زائفة (الوقت المحدد ، مايؤخذ من مقررات) تعد مؤشرات مقننة للتعلم.

• الذكاء قدرة محددة ثابتة ولا يمكن تعلمه ؛ والذكاء التحليلي هو أرقى شكل من الذكاء .

• ينبغي أن يكون التعلم موثقا بمقدار ما ينفق من وقت في اكتساب المعلومات .

• وأن يؤكد على مهام تعلم أصلية تكون معقدة ، ومتحدية ، وجديدة وتدخل في اكتساب المحتوى والمعلومات .

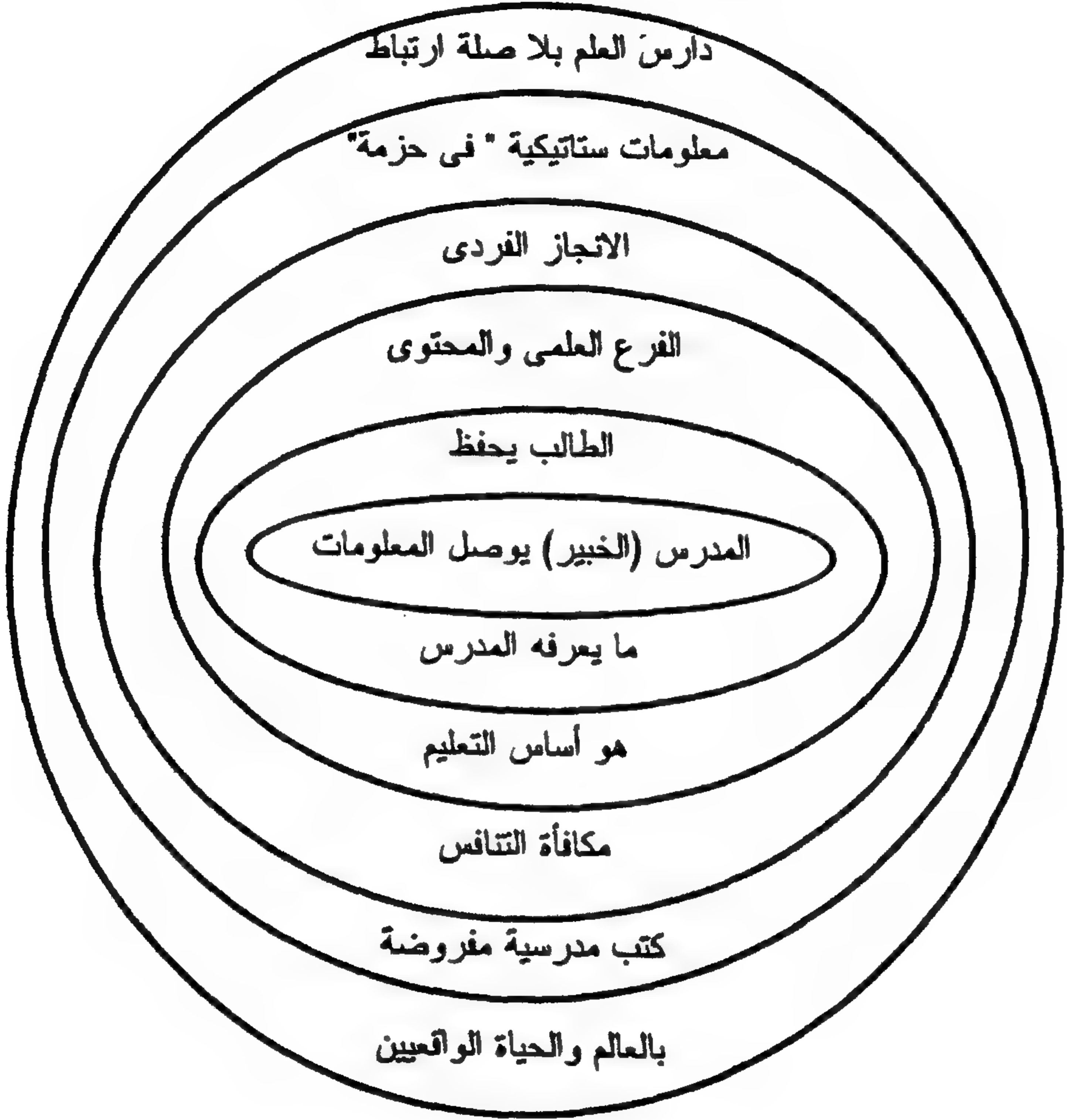
• هدف النظام المدرسي هو اكتساب المعلومات على نحو سريع ، وتغطية المحتوى وإعادة نسخ الحقائق .

• المعرفة السابقة غير مهمة وتصرف الانتباه عن التعلم في المستقبل .

• تجزئة المحتوى وليس تكامل المفهوم ، هي الطريقة الأكثر كفاءة وفعالية في تعلم فرع علمي .

• تقييم التعلم تقييما فعالا وموثوقا به لا يمكن إلا أن يكون موضوعيا وخارجيا؛ والمعرفة المهمة هي فقط ما يمكن قياسه كميا وبسهولة ؛ تغطية المحتوى وإعادة نسخ المعلومات - وليس توليد المعرفة - هما أكثر ما يوثق به من مؤشرات للتعلم.

شكل (١) تطور التعلم
القصة الحالية
ثقافة الاكتساب ، والاستقلال ، والمنافسة



بيئة "النظام المدرسي" حاليا تتركز على
"معلومات يوصلها" المدرس ، "ويتلقاها" الطالب

• النظام المدرسى يمثل طقوس ضرورية للوصول؛ ما يحدث فى المدرسة يعد المرء للحياة .

• المنافسة والمكافآت الخارجية هما أقوى الدوافع للتعلم .

• البحث الشخصى واستكشاف تساؤلات المتعلمين ليست مهمة أهمية كافية لأن يُستقطع لها وقت من المنهج الدراسى المفروض .

• الانفعالات ، والاعتقادات ، والحقائق الشخصية التى بُنيت على ممارسات مسبقة ، لاتأثير لها وليست لها علاقة بالتعلم الجاد ، وهى مما لايسمح به إلا إذا كانت لا تخرج بهدف المنهج عن مساره خروجاً له قدره (مارشال ١٩٩٩)

توضح كل هذه الافتراضات وجهة نظر عن متعلم سلبى غير مشارك والى نظام واحد يلاءم كل الأحجام مثل الملابس المطاطة ويخلق رغبتنا الطبيعية فى التعلم. إن ما توصلنا إلى فهمه فى أكاديمية إلينوى هو أن بيئات التعلم المفيدة ذات المغزى يتم خلقها بالقصد وعن عمد . ومن حسن حظنا أن هناك الآن تبصرات جديدة تأتت من علوم الأعصاب والعلوم الإدراكية فيها ما يجعلنا نستطيع خلق الظروف التى تشجع تعلم البشر على نحو طبيعى بطرائق أكثر فاعلية عن أى مما سبق من قبل. ولكن بكل أسف ، فإنه على الرغم من هذه التفهمات الجديدة والمعرفة الجديدة، إلا أن معظم المدارس تواصل تشكيل بنيتها وكأن العقل يمارس وظيفته أفضل ممارسة وهو فى بيئة مفروضة وقابلة للتنبؤ بها ونظيفة لحد العقم . وبالتالي ، فإننى أعتقد أنه كنتيجة لذلك أصبح المزيد من الأطفال " معوقين مدرسياً " إلى حد أكبر كثيراً من أن يكونوا "دارسين معوقين " .

قصة خصبة جديدة للتعلم

إلا أن هناك قصة أخرى ، تتبنى مقدماتها المنطقية على محاولة خلق ظروف تراعى استخدام ونقل منظومات رمزية متعددة للتعلم ؛ وترتبط

الرياضيات والعلم مع الفنون والانسانيات ؛ وتتطلب مراعاة القضايا الأخلاقية في حل المشاكل العلمية ؛ وتراعى الصلات المتبادلة والتكامل مع قضايا العالم الواقعي ؛ وتغمر الطلبة في البحث وفي مشاكل أمرها مختلط وبنياتها مضطرب ؛ وتتطلب التعاون ؛ وتلهم بالحماس والفضول ؛ وتتيح للطلبة الفرصة لإطلاق ما فيهم من خير وعبقريّة في سبيل العالم .

وقد ميزت خصائص هذا الالتزام بأنه " القصة الخصبة الجديدة للتعليم" (وهي معروضة في شكل ٢) ، وتتأسس على ثقافة من البحث ، والاعتماد المتبادل، والتعاون .

وفيما يلي الافتراضات التي تكمن في اساس القصة الخصبة الجديدة للتعليم :

- يتأسس التعلم على ابستمولوجيا تؤكد على الطرائق التكاملية للمعرفة ؛ وتؤمن بأن دارس التعلم هو الذي ينشئ المعنى والصلات الرابطة ؛ وتؤكد على قوة العلاقات والمجتمع في التعلم؛ وتؤمن بأن حماس الدارسين وحبهم أمران ضروريان للتعلم بعمق؛ وتتفهم أن وجود العلاقات والمشاركة هما في الصميم من التعلم وأن هناك صلة ارتباط عميقة بين العارف وما يُعرف .

- التعليم عملية دينامية بتوجه ذاتي وتوسط داخلي لبناء المعنى من خلال تشكيل نمط.

- الذكاء قابل للتعلم ، وإمكانات وقدرات التعلم تتوسع ولا ينضب معينها.

- يتم توثيق التعلم ببيانات عملية تثبت التفهم ، تجري في أي وقت .

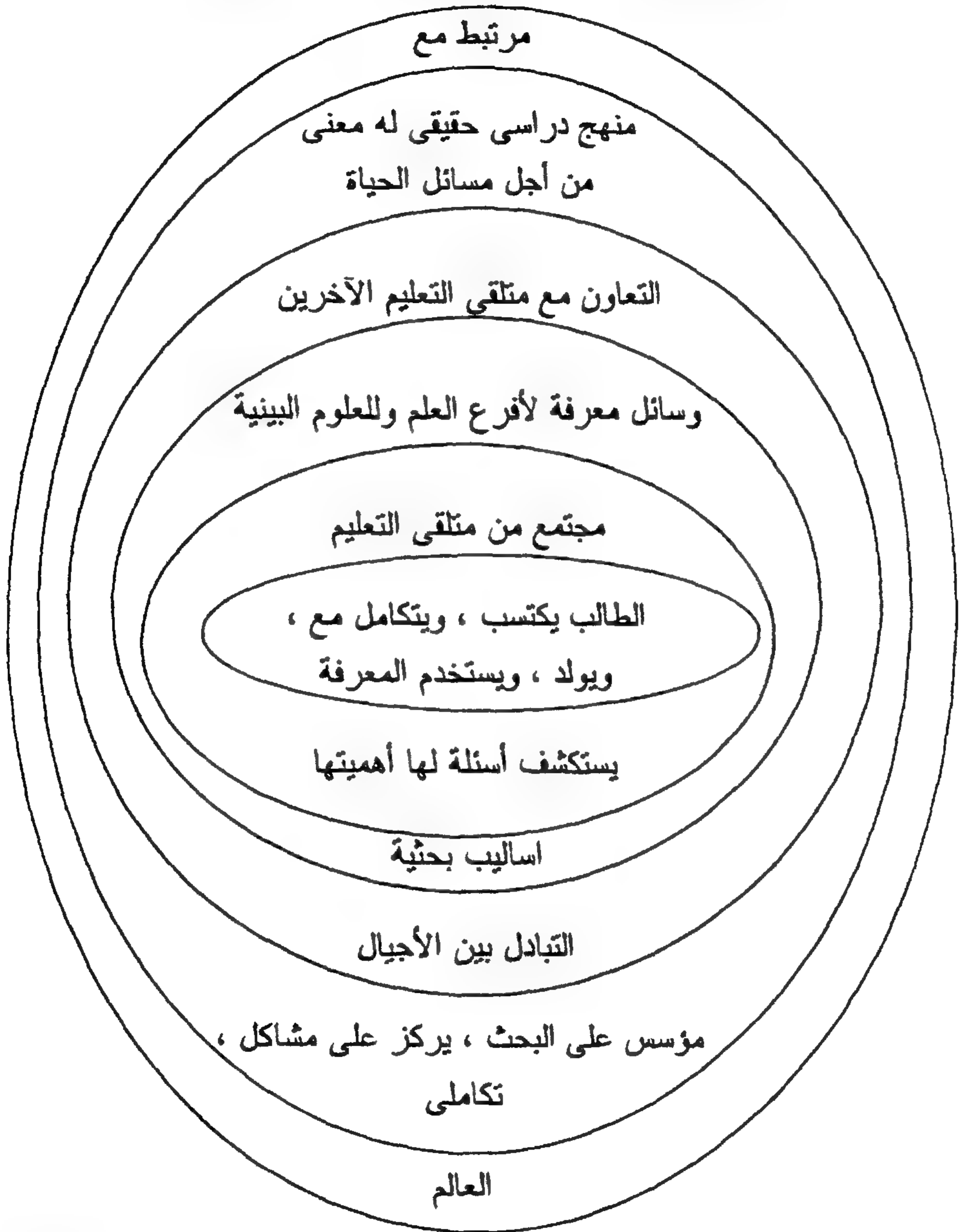
- هدف التعليم هو تنمية الفهم ، والحكمة ، والأدوات ، للتعلم طول الحياة عن طريق التفكير واستكشاف الأسئلة الجوهرية الذي كثيرا ما يكون بطيئاً وعن طريق المشاركة في بحث له معناه وفيه تحدى .

- التعليم السابق ضروري للتعليم في المستقبل .

شكل ٢ - "تطور" التعليم

قصة جديدة

ثقافة البحث ، والاعتماد المتبادل ، والتعاون



بنية "التعلم" فى الغد تركز على المعرفة التى "ييسرها" المدرس و"يولدها" الطالب.

- تكامل المفاهيم هو أكثر طريقة لها معنى من أجل فهم وحدة المعرفة .
 - تقييم التعليم تقييما فعالا له معناه يجب أن يتضمن أدلة نوعية على الفهم ، وأن يكون هناك تصحيح ذاتي ، وأن يجرى إثباته عمليا في أوضاع من العالم الواقعي.
 - التعاون ، والاعتماد المتبادل ، والمكافآت الداخلية كلها دوافع قوية للتعلم .
 - التعليم مشاركة مستمرة طول الحياة ؛ وما يحدث في المدرسة هو الحياة .
 - البحث الشخصي واستكشاف المسائل الانسانية العميقة هي الوسائل التي يكتسب الأطفال عن طريقها المعرفة والمهارات التي يحتاجونها لبناء المعنى . والمشاركة الكاملة لمتلقى العلم (عقليا وعاطفياً) أمر ضروري لبناء المعنى .
 - يتطلب التعلم بالمشاركة وجود مجتمع تبادلي بين الأجيال يتعلم أفرادهم معا.
 - كل ابستمولوجيا تنشأ عنها بيداغوجيا ؛ والطريقة التي نعلم بها مستقاة من الطريقة التي نعتقد أن الناس يتوصلون بها إلى المعرفة. وبالتالي فإن تفعيل القصة الجديدة للتعليم يخلق مجتمعات تعلم خصبة تشجع الطلبة على المشاركة بنشاط في تنمية عقولهم هم أنفسهم (مارشال ١٩٩٩) .
- حدث مؤخرا أن عادت إحدى خريجاتنا من كليتها إلى الأكاديمية ، وسألتها، "كيف جهزت أكاديمية إلينوى للكلية ؟ وكانت إجابتها تثير القلق . قالت " إن أكاديمية إلينوى لم تجهزني للكلية ، لقد جهزتني الأكاديمية للمدرسة الثانوية . أما في الكلية فانهم يعلمونك الحفظ ، والحفظ ، والحفظ . وأنا في انتظار أن أصل إلى المدرسة التي تخرجت منها حتى أستطيع التفكير ثانية" .

رحلة متصلة لأكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم

هناك عدة قضايا مازلنا نصارعها حاليا من خلال سياق هذه القصة الجديدة للتعلم ، وأملنا هو أن صراعنا معها فى حلبة جماهيرية ، ومع دعوة مفتوحة لزملائنا للمشاركة معنا ، لن يقتصر على ان يؤدي إلى تفتح الحوار ولكنه أيضا سوف يوفر المعلومات للبحث الذى نشارك فيه جميعاً فى سبيل تعلم أطفالنا .

وهاك بعض هذه القضايا والمسائل :

• هل هناك أوجه تبادل ضرورية بين كمية المحتوى المعرفى الذى يكتسبه الطالب ودرجة ومستوى إدراك للمفاهيم ؟

• عندما يمتاز طالب فى اختبار معيارى ، هل ينبغى أن يفترض الجمهور أن لديه إدراك للمفاهيم ؟

• ماهو مقدار المحتوى المعرفى اللازم لإدراك المفاهيم وللتفكير التكاملى ؟

• هل التعليم بمنهج العلوم البيئية هو والتعلم التكاملى مما يقلل أو يخفض من قدرة الطالب على اكتساب الفهم المنهجى والأنماط المنهجية للبحث ؟

كثيرا ما يصاب الأطفال بالملل من تلك الأماكن التى تسمى بالمدارس، وليس هذا بسبب أننا نطلب منهم أداء ما هو أكثر مما ينبغى ، وانما هو لأننا نشركهم فى عمل أصغر كثيرا مما ينبغى بالنسبة لتخيلهم . نلتمس أكاديمية إلينوى شركاء ملتزمين ليعملوا معنا فى خلق وسائل لها معنى أكثر عمقا من أجل تنمية وتقييم فهم عميق، خاصة فى الرياضيات والعلم ، بحيث يصبح لدى كل الطلبة العادات الذهنية المطلوبة لاعتناق كل ما يكمن فى الأمام بتلهف وثقة . بصفاتهم كرواد فى أرض مجهولة .

المراجع :

- American Association for the Advancement of Science. Benchmarks for Science Literacy, Project 2061. New York: Oxford University Press, 1993.
- Illinois Mathematics and Science Academy. IMSA's Learning Standards. Aurora, Ill.: Illinois Mathematics and Science Academy, 1999.
- _____. Inquiry and Problem Solving: Meaning-Making in Mathematics and Science. Aurora, Ill.: Illinois Mathematics and Science Academy, 2000.
- _____. IMSA Longitudinal Study of Graduates. Aurora, Ill.: Illinois Mathematics and Science Academy, 2001.
- _____. Standards of Significant Learning. Aurora, Ill.: Illinois Mathematics and Science Academy, 1994.
- _____. Student Inquiry and Research Program. Aurora, Ill.: Illinois Mathematics and Science Academy, 2000.
- _____. Illinois State Board of Education. Illinois Learning Standards, Springfield, Ill.: Illinois State Board of Education, 1997.
- Llewellyn, D, Inquire Within: Implementing Inquiry-Based Science Standards. Thousand Oaks, Calif.: Corwin Press, Inc., 2002.
- Marshall, Stephanie Pace, "A New Story of Learning and Schooling." *School Administrator* 56 (1999): 31-33.
- _____. "Creating Pioneers for an Unknown Land: Education for the Future." *NASSP Bulletin* 82 (1998): 48-55.
- _____. "Creating Sustainable Learning Communities for the Twenty-First Century." In *The Organization of the Future*, ed. F. Hesselbein, M. Goldsmith, and R. Bechard, pp.177-88. San Francisco: Jossey-Bass, 1997.

- Miller, A. "Integrative Learning as a Goal in Environmental Education." *Journal of Environmental Education* 12 (1981): 3-8.
- Minstrell, J., and E. H. van Zee, eds. *Inquiry into Inquiry Learning and Teaching in Science*. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science, 2000.
- National Council of Teachers of Mathematics. *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics, 1998.
- National Research Council. *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000.
- _____. *Science Education Standards*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996.
- Schneps, M. H., and P. M. Sadler. *A Private Universe*. South Burlington, Vt.: Annenberg/Corporation for Public Broadcasting Multimedia, 1987.
- Scheruder, C, "Mary Catherine Bateson: Anthropologist and Author." *Chicago Tribune*, February 1. 1998, pp. 1, 4.
- Trop, L., D. Dosch, D, Hinterlong, and S. Styer, *Scientific Inquiries: A New Beginning for Science at IMSA*. Aurora, Ill.: Illinois Mathematics and Science Academy, 1999.
- Trop, L. and S. Sage. *Problems as Possibilities; Problem-Based Learning for K-12 Education*. Alexandria, Va.: Association for Supervision and Curriculum Development, 1998.
- Wiggins, Grant, and Jay McTighe, *Understanding by Design*. Alexandria, Va.: Association for Supervision and Curriculum Development, 1998.

أكاديمية المدرسين للرياضيات والعلم

لوردس مونتيجودو

كان ذلك فى خريف ١٩٨٩ ، فى وقت يتلو مباشرة بدء تنفيذ قانون إصلاح المدارس فى شيكاغو فى ١٩٨٨ . جلس وقتها العالم الفائز بجائزة نوبل بشعره الأبيض ، وكان يعمل مستشارا علميا لحاكم إلينوى آنذاك جيم تومسون ، جلس أمام نائب العمدة للتعليم فى مدينة شيكاغو وذكر له مشكلته . قال الدكتور ليدرمان بأسى 'الأطفال كلهم يولدون علماء ، ولكنهم بعدها يفقدون الحماس للانطلاق فى العلم . لدى بعض أصدقاء فى الحكومة الفيدرالية قلقون جدا بشأن تعليم العلم باعتباره شأن من الأمن القومى ، وإنى لأتساءل كيف يمكنهم أن يساعدوا شيكاغو فى تحسين تدريس الرياضيات والعلم الآن بعد أن تم وضع قانون لهذا الجهد الكاسح لإصلاح المدارس ؟

سرعان ما استنتجت أن هذا ليس رجلا عاديا . إنه عبقرى . رجل عنده مفتاح السبب فى أن الأطفال ، خاصة أطفال الأقليات الفقيرة ، يفقدون رغبتهم فى دراسة الرياضيات والعلم فى وقت جد مبكر . وقال منفعلا وهو يحك تجعدات شعره البيضاء ، " لعل الأمر أن شيئا ما يحدث للأطفال نتيجة بعض قوى خارجية تجعلهم يفقدون فضولهم الطبيعي " . وأضاف ، " إن معظم أطفال الولايات المتحدة يعانون من هذه المشكلة نفسها . وأطفال الأقليات يعانون بدرجة أسوأ من الآخرين ، على أننا نجد فى المقارنات الدولية ، أنه حتى أفضل الطلبة عندنا يناضلون من أجل اللحاق بسائر العالم . لعل الأمر ناتج عن شئ ما يحدث فى المدارس " . ثم قال مستنجا ، " يبدو أن هناك خطأ ما أساسيا فى الطريقة التى يدرس بها لهم . لعلنا ببضع ملايين قليلة الدولارات نستطيع أن نتعلم كيف نساعدهم " .

وعندها أدركت أنه ليس من رجال التعليم ولا رجال السياسة. فهو بدلا من أن يرى العقبات يرى الإمكانيات . وهو لا يقترح حلا سحريا وإنما يقترح تجربة . وهو لا يطرح أن هناك مشكلة متأصلة في الأطفال أو أن القوى الخارجية هي الفقر، أو العرق ، أو الجنسية ، أو إهمال الوالدين . كنت أعرف كمدرس سابق في المرحلة الأساسية وكناظر مدرسة سابق في شيكاغو أن "القوة" التي استشعرها ليدرمان هي سوء التدريس . ولسوء الحظ فإن معظم مدرسي المدارس الابتدائية ينقصهم المحتوى المعرفي والمنهجية الملائمة لتدريس الرياضيات والعلم . وهذه نتيجة مباشرة لنقص حيوية المحتوى في إعداد المدرسين وللمفهوم الخطأ المنتشر بين صناع السياسة من أن أي فرد يستطيع أن يدرس هذه الموضوعات على مستوى المرحلة الابتدائية . وحيث أني وليدرمان كنا نتشارك في الآراء والأفكار ، فقد أخذت الإجابة عن هذا السؤال تتبلور لنا . وولدت فكرة إنشاء مركز لإعادة تدريب مدرسي المدارس الابتدائية .

التحرك للفعل

حدث سريعا بعد هذا الحوار الأول أن وجدت نفسي في واشنطن العاصمة أتزاور مع أصدقاء ليدرمان . كان منهم الأدميرال واتكنز وزير الطاقة للولايات المتحدة ، وقد اهتم بالذات باقتراح أن سوء التدريس هو المشكلة وأن المدرسين يمكن أن يكونوا هم الحل . فإذا أستطعنا أن نساعد أولئك الموجودين فعلا في حجرة الدراسة على اكتساب المعرفة ، والمهارات، والمواقف التي يحتاجونها حتى ينقلوا إلى طلبتهم المهارات والحماس لتعلم الرياضيات والعلم ، إذا أستطعنا ذلك سيمكننا أن نعجل من مسار العملية المطلوبة لإحداث تأثير ضخم . في يوليو ١٩٩٠ احتفل الأدميرال واتكنز وليدرمان بدعم من ريتشارد م. ديلي عمدة شيكاغو ، بحفل قطع شريط افتتاح أكاديمية المدرسين للرياضيات والعلم . وعُين مجلس من المديرين الذين يمثلون نطاقا واسعا، يتألف من قواد من رجال التعليم ،

والعلم؛ والأعمال ، وهيئات المجتمع ، الذين يشرفون على الإدارة المستقلة لهذه المؤسسة التي لا تهدف للربح .

المدرسون ، كما كان ليدرمان يعرف وكما يستنتج الآن المزيد والمزيد من الأفراد ، لا يستطيعون تدريس ما لا يعرفون . ومعظم مدرسي المرحلة الابتدائية كانوا هم أنفسهم ضحايا لتلك "القوة" . فقد خمد ما يدهم من إحساس بالعجب والفضول مبكرا أثناء ممارستهم المدرسية هم أنفسهم ، ولم يتكرر قط إشعال جذوة هذا الإحساس ، حتى بعد إنهاء برامج إعدادهم للتدريس . ونجد أن الكثيرين من مدرسي المرحلة الابتدائية لم يفهموا الجبر حقا وأبدا ، ولم يدرسوا قط مقررا في الهندسة ، أو الكيمياء، أو الفيزياء . أما ما يتذكرونه من البيولوجيا فهو ليس بالكيمياء الحيوية لحامض دنا النووى ، وإنما هو بعض ماله علاقة بالحيوانات والنباتات ، ولعل هذا هو السبب في أن عددا كبيرا هكذا من حجات الدراسة في المرحلة الابتدائية تنمى فيه الزهور في الربيع وينشغل بدروس تدور حول الديناميكيات . ويضيع التركيز على المعايير والمسئوليات على النطاق القومى ونطاق الولايات في خضم الأعمال الروتينية اليومية حيث يكافح المدرسون إزاء قلقهم من أن عليهم أن يدرسوا هذه المواد، بأن يبخسوا من أهميتها فيراعوا بأكثر أنشطة القراءة واللغة ، أو بأن يعودوا إلى تدريسها بالطريقة التي درسوها بها .

لم يكن هناك من يعرف على وجه التأكيد ما الذى سيتطلبه التدريس لمدرسين لم يُحسن إعدادهم ، حتى يمكنهم زيادة إنجاز الطالب حسب الاختبارات المعيارية للولاية. إلا أنه كان من الواضح ألا مجال لإضاعة الوقت ولا مجال لغير المؤمنين بالفكرة. فالمشكلة قد بلغ من حجمها ما يستوجب تناولها بحل له أبعاده المناسبة . "ويجب أن يكون التدخل فى الأمر مركزا على الطفل ، ومؤسسا على المدرسة ، ومدفوعا بالمحتوى . ويجب أن يقدم للمدرسين ما يحتاجونه من أدوات ومن عون حتى يصبح الأمر كله

حيا فى حجراتهم الدراسية . وأصبح المتغير الوحيد العمليّاتى هو إعادة تجهيز فرق من المدرسين بالأدوات اللازمة وليس مجرد تعزيز معرفتهم الفردية" . أصبحت هذه العقائد البسيطة ، وإن كانت مفعمة بالتبصر ، هى أساس طريقة التناول فى الأكاديمية.

نتج عما لدى ليدرمان من إيمان عميق الجذور بقدرة كل الأطفال على تعلم الرياضيات والعلم ، ومالديه من قدره تحمل هائلة لأوجه الالتباس ، ورغبته تلقائيا فى أن يكون نصيرا لأهمية الاستثمار فى تدريب مدرسى المدرسة الابتدائية ، نتج عن هذا كله أن يكون فيه المفتاح لنموذج سياسة للتدخل مازالت حتى بعد مرور سنوات كثيرة هكذا سياسة سابقة لزمانها .

طريقة تناول أكاديمية المدرسين للرياضيات والعلم

بعد أن مرت إحدى عشرة سنة من العمل وتحليل بيانات الانجازات ، أجرت الأكاديمية اختبارات للعديد من افتراضاتها . ونحن مقتنعون بأن معظم عناصر التخطيط مهمة على نطاق المدرسة من أجل تحسين إنجاز الطالب فى الرياضيات والعلم كما يقاس بالاختبارات المعيارية . والأكاديمية الآن وقد أصبحت تمول من الهيئة التشريعية لولاية إلينوى ، قد وجهت استثماراتها فى الحفاظ على بقاء على ما يزيد عن ٣٦٠٠ مدرس بالمرحلة الابتدائية فى ١٢٨ مدرسة بإلينوى وأدت إلى رفع درجات الطلبة فى الرياضيات والعلم فى ست مناطق مدرسية كانت من بين أقل المناطق إنجازا فى الولاية بما يشمل منطقة شيكاغو ، والجين ، وأورورا ، وجوليت، وكاهوكيا ، وشرق سانت لويس .

خَطَّ برنامج الأكاديمية للتالى :

- مشاركة المدرسين فى استعراض لمحتوى الرياضيات والعلم فى المرحلة الابتدائية مع الاسترشاد برؤية المعايير القومية ومعايير الولاية (١٢٠ ساعة على مر سنتين).

- التركيز على ما فى المنهج الدراسى من مناطق يهملها المدرسون اكبر اهمال بسبب نقص مالىهم هم انفسهم من المعرفة . فهناك فى الرياضيات الحس بالأعداد، والهندسة ، والقياسات ، والاحتمالات ، وهناك فى العلم العلوم الفيزيائية ، وتأکید مهارات جمع البيانات والتحليل .
- أن يمارس المدرسون ، مثلما يفعل الطلبة ، المناهج المؤسسة على البحث التى ينبغى أن يستخدمونها فى حجراتهم الدراسية ، مثل التعلم التعاونى ، والتعلم عن طريق البحث ، ومعالجة ما هو ملموس من النماذج والمواد التعليمية .
- أن يتاح للمدرسين الوقت للممارسة ولأن ينقلوا للطلبة ما يتعلمونه بمساعدة من التدريب داخل الحجرة الدراسية الذى يقدمه مدربون محترفون من الأكاديمية .
- أن يصبح من المتاح أن تتوفر مجاناً فى حجرات الدراسة المواد اللازمة لتقديم وممارسة ومعالجة ما هو ملموس من النماذج والمواد لتعزيز تفهم المفاهيم .
- إشراك الناظر والوالدين فى عملية التغيير حتى يستطيعوا اكتشاف الوسائل لدعم المدرسين وهم يغيرون ثقافة التدريس والتعلم .
- صنع صلات ارتباط مع تدريس القراءة وترقية اللغة .
- تشكيل الكتلة الحرجة من المدرسين المدربين فى كل مدرسة حتى يزيد احتمال أن يتم تعليم الطلبة بتتابع من المدرسين الأفضل إعداداً وأن يكون لدى المدرسين الجدد نماذج أفضل للأدوار التى يحاكونها .

• تقييم وتسجيل نتائج سياسة التدخل باستخدام معايير كمية لتحديد ما حدث من تأثير في المدرسين والطلبة كما يقاس بواسطة الاختبارات المعيارية للولاية في الرياضيات والعلم .

حدث على مر السنين تطور بطيء في أبحاث تحسين تعليم الرياضيات والعلم، وأبحاث التعليم عامة ، الأمر الذى أدى لدعم عناصر طريقة تناول الأكاديمية ، وتقبل التكاليف اللازمة ، التى وصفت فى ذات يوم بأنها باهظة . على أى حال ، فإن الأكاديمية تواصل أن تكون سابقة لزمناها بأن تكون لها خبرة مباشرة مع تعقد عملية التغيير فى المدارس ، ومع التحديات الإضافية التى تجلبها التكنولوجيا للمدارس والمدرسين ، ومع العلاقات الضرورية لجعل سياسة التدخل منهجية ومستدامة ، ومع نظم المسؤولية اللازمة لجعل الأكاديمية فعالة ومسئولة . تطرح خبرة الأكاديمية مايلى،

• اتباع طريقة للتدريس للمدرسين بتشاركهم فى مجموعات تمثل الصفوف داخل الدائرة التى يدرسون فيها (ابتدائى ، أو إعدادى ، أو ثانوى) ، بما فى ذلك التعليم الخاص والمدرسين المتحدثين بلغتين ، وهذه طريقة فعالة تشجع المدرسين على أن يتعلموا ويخططوا معا فى بيئة تعلم مختلطة .

• يجب أن يكون هناك كتلة حرجة من المدرسين من أى مدرسة بعينها تساهم فى سياسة التدخل إذا كانت النتيجة التى تلتبس هى أن يكون هناك فى المتوسط مكسب على نطاق المدرسة فيما يتعلق بدرجات اختبارات الولاية المعيارية .

* يجب أن يساهم على الأقل ٧٠ فى المائة من مدرسى المدارس الابتدائية، بنسبة حضور تصل على الأقل إلى ٧٥ فى المائة من ٦٠ ساعة من التعليم وخمس عشرة ساعة من التدريب داخل حجرة

الدراسة حتى تظهر مكاسب على نطاق المدرسة. عندما تساهم نسبة من المدرسين تقل عن ٧٠ في المائة، فإن التحسن في انجاز الطلبة على نطاق المدرسة سيعتم عليه انخفاض انجاز الطلبة في حبرات الدراسة التي يكون المدرسين فيها من غير المساهمين .

* يصدق الشئ نفسه على المدرسين في الصفوف الاعدادية . وعلى أى حال فإن هناك حاجة إلى ١٢٠ ساعة على الأقل من التدريب على المحتوى والمنهج حتى يتم صنع تحسن له أهميته في تعلم المدرسين أنفسهم وفي ممارستهم في الحجرة الدراسية وذلك بسبب تزايد تعقد المحتوى .

• عندما يُدرس للمدرسين بواسطة نفس الطرائق التي نتوقع منهم أن يستخدموها في حبراتهم الدراسية فإن هذا يعطيهم خبرة مباشرة بمزايا هذه الطرائق ويساعدهم على تعيين واستكشاف المفاهيم الخطأ في بيئة آمنة واحترافية .

• دعم المدرسين في الحجرة الدراسية أثناء نقلهم لهذه الطرائق في تطبيقات الحجرة الدراسية أمر ضروري بالنسبة للمدرسين الذين كان إعدادهم منقوصا وذلك حتى يدركوا التأثيرات الايجابية للطرائق الجديدة في طلبتهم. وهذا يدفع المدرس لمحاولة القيام بها مرة أخرى .

• يجب تقديم التكنولوجيا التعليمية كأداة لدعم المنهج الدراسي المؤسس على المعايير وليس كطريقة للتخفيف من تركيز المنهج . يجب توفير تدريب ودعم إضافيين مؤسسين على المدرسة من أجل تنمية المهارات التعليمية للمدرسين .

• وجود سلسلة من كتب دراسية متينة ، مقرونة بثتى الأنواع من نماذج الحجرة الدراسية ووسائلها اليدوية ، يمكن أن يساعد المدرسة فى استدامة مجهوداتها على مر الوقت .

• المناطق المدرسية التى يوجد لها بؤرة واتجاهات تعليمية مركزية تصل إلى مكاسب أعظم مما فى مدارس المناطق التى تعمل فيها كل مدرسة "مستقلة عن الأخرى" .

• يجب أن يكون هناك على الأقل ثمانى وحدات مكملية من علم الفيزياء تؤكد على المتغيرات الأساسية فى علم الفيزياء والرياضة ، وذلك حتى تحدث زيادة لها معناها فى درجات الرياضة للطلبة فى الصفوف الإعدادية .

• يجب أن يكون لدى من يعملون على توفير ارتقاء هيئة العمل المؤسسة على المدرسة القدرة على التعامل مع حجم سياسة التدخل وكذلك أيضا القدرة على التقييم ، وتخطيط التعليم ، وإجراء عمليات التأكد من الجودة بما يؤدى إلى ضمان ثبات الخدمة المقدمة ومتابعة النتائج .

ولكن بعد كل ما قيل وتم أدائه ، إلا أن ليدرمان لا يكون أبدا راضيا. فيقول، "مازال لدينا المزيد من آلاف المدرسين فى الفناء الخلفى علينا أن نصل إليهم، فلماذا نضع قيودا على ما نصل إليه من أمكنة ؟" وهذا هو السبب فى أنه يقضى وقتا فى فرنسا ، وهو يساعد صديقه جورج شارباك فى تنوير النظام المدرسى الفرنسى باستخدام برنامج "الممارسة العملية" للعلم والرياضيات . حسب نموذج أكاديمية المدرسين للرياضيات والعلم . وقد حدث فى أعقاب المؤتمر الدولى الأول لتعليم العلم فى المرحلة الابتدائية ، وكان فى بكين ، أن مدت الصين يدها إليه هى وبلاد أسبوية أخرى ، طلبا للمساعدة . وهكذا لا يعرف ليدرمان أى قيود .

کلمات تقدیر

مع ليون ليدرمان من حدائق المعمل إلى غابات المجتمع

جورج شارباك

تقاطعت مساراتنا الشخصية عند مدينة من أجمل المدن فوق هذا الكوكب ، في فينيسيا ، في مؤتمر فيزياء الطاقة العالية سنة ١٩٥٩ .

كان الأمر بالنسبة لي خطوة حاسمة . بلغ من حسن حظي بعد الحرب، وبعد تدريب تعس جدا في الفيزياء، وإن كنت قد نلت دبلوما محترما كمهندس تعدين، أنى بدأت العمل في معمل جوليو بكونليج دي فرانس. وكانت محاضراته عن تاريخ الفيزياء مدخلا جميلا لتاريخ العلم. وكانا فنانا في تشغيل معظم الكشافات التى تستخدم آنذاك. وحاولت غريزيا أن أتغلب على مالمى من مركبات النقص فى التكنيكات التجريبية بأن أخذت استثمر عقلى وطاقتى فى البحث عن كشافات جديدة، وكان ذلك بمباركة من رئيسى .

ذهبت إلى فينيسيا ومعى كشاف جديد حقا ، لافائدة له وإن كان فاتئا، وكان فى نظرى وكأنه بالنسبة لأجهزة الكشف فى المستقبل ما يُفترض أن تكونه بعض القرود العليا بالنسبة للجنس البشرى . إلا أن ليون ليدرمان تملكته توهمات عن قدراتى التجريبية فى بناء أجهزة نبضية عالية الفولت للتجارب التى يخطط لها فى المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية (سيرن) حيث كان سيقضى فيها سنة سبئية^(١). وقدم لى زمالة بحث حتى أنضم

(١) السنة السبئية أجازة تمنح عادة لأساتذة الجامعة كل سبع سنة للراحة أو للبحث فى جامعة بالخارج. (المترحم)

لجماعته للبدء فى قياس اللحظة المغناطيسية الشاذة لجسيم الميون^(*) ، وكان أن قضيت السنوات الخمس والثلاثين التالية فى "سيرن" ! . كانت تجربة فيها تحدى ، والتقيت فيها بشخصيات مرموقة تعلمت منها الكثير جدا. بعد أن رحل ليدرمان حل مكانه ديك جاروين الذى اكتشفت على يديه معنى أن يكون المرء عالما تجريبيا عظيما له ثقافة موسوعية .

تمت بعد ثلاث سنوات التجربة المسماة جى-٢ (g-2) وأدت إلى ولادة أجيال أخرى عديدة من التجارب التى تهدف إلى إجراء تحسين عنيف فى قياس اللحظة المغناطيسية الشاذة للميون .

قررت أن أعود ثانية إلى إجراء أبحاث عن الكشافات حيث أن ازدهار مجال فيزياء الطاقة العالية - مع ما صاحبه من ميلاد معجلات أكثر وأكثر طاقة وأكثر شدة - أدى إلى خلق طلب قوى على الكشافات الجديدة . وبينما افترق ليدرمان وجاروين فيما اتجها إليه من أنشطة ، حافظت أنا على صلة دائمة بهما ، تأسست على صداقة متينة وعلاقات أخوية فى مجالات كثيرة خارج المهنة .

أخذ ليدرمان يثب من تجربة طموح للأخرى ، فوجدت فيه مصدرا دائما لمسائل تثير حفزا حول الكشافات الجديدة التى نكيفها حسب المشاكل البازغة من التجارب التى يخطط لها . وأدى هذا إلى حفزنا على خطوات مهمة عديدة فى نشاط مجموعتنا ، وانتهى إلى تعاون مهم بين المعمل القومى لمعجل فيرمى (فيرميلاب) ، ومعمل (سيرن) ، ومعمل (ساكلاي) .

(*) الميون جسيم خفيف مشابه للإلكترون وإن كان أثقل منه ٢٠٧ مرة ، وهو ليس من

مكونات المادة العادية ولا يرصد إلا فى المعمل . (المترجم)

أدى هذا التعاون إلى أن أقوم بزيارات كثيرة لفيرميبلا ، وحدثت بمناسبة إحدى هذه الزيارات أن ذهب بي ليون إلى مدرسة بالقرب من شيكاغو حيث كان ينمى طرائق جديدة للتدريس لأطفال المدارس الابتدائية وشعرت بانطباع وكأني قد اكتشفت أمريكا .

كان واضحا أن ممارسة التعليم التي رأيتها هناك (بالممارسة العملية) "hands on science" هي من أحسن السبل للتغلب على الثغرات الواسعة التي توجد بين عشائر المعلمين وغير المتعلمين في العالم . وبدأت حملة لإدخال هذه الطريقة البيداغوجية إلى فرنسا . ونظمت لقاء بين ليدرمان ووزير التعليم ، فرانسوا بيرو . بل إننا حتى ظهرنا معه في التلفزيون واستطعنا في ١٩٦٥ أن ننظم زيارات لشيكاغو لشخصيات كبيرة في المؤسسة التعليمية الفرنسية ولأعضاء معدودين من الأكاديمية الفرنسية للعلوم . وكان أن اقتنعوا ، وأن اكتشفوا في الوقت نفسه المشروع الجميل لأكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم في أورورا ، وهي بمثابة معبد فائق التميز في مجال التعليم العلمي في المدارس الثانوية .

أدى هذا بالنسبة لي إلى بداية ست سنوات من النشاط المكثف في فرنسا . وشجعتني كذلك على النظر في أمر الجهود التي تكفلت بها المؤسسة القومية للعلم في مراكز معدودة في الولايات المتحدة من أجل أن تشجع على نطاق كبير طرائق تناول الجديدة للتعليم في المدارس الابتدائية . هكذا اكتشفت كارين ويرث في كامبردج ، وجيري باين في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا ، وأخذت أشجع المواطنين في بلدي لتحفزهم الممارسات الأمريكية ويكيفونها حسب ظروفنا الخاصة ، وهي ظروف تعد في جوانب منها أكثر مواتاة . وكانت جائزة هذه الجهود في فرنسا أن أصبحت طريقة تناول "بالممارسة العملية" أو "البحث" برنامجا رسميا لوزارة التعليم ، التي تدير كيانا يعمل فيه ١,٤ مليون من الموظفين . أصبح هناك على الأقل ستة

آلاف من المدرسين الذين يمارسون هذا المنهج التعليمي المؤسس على طريقة تناول علمية ، تجريبية ، نشطة لتعليم الأطفال . ومع ظهور تطورات أصيلة كثيرة بسبب ابداع مدرسينا ، أصبحت هناك منظمات كثيرة تشارك في التعليم ، مثل مدارس المدرسين في الجامعة . ومع مساهمة المدارس الهندسية في تنمية البيداجوجيا ، ومع مساعدة الأساتذة والكثير من طلبتهم ، ومع المتاحف المحلية وكذلك أيضا الأكاديمية الفرنسية للعلوم ، التي لها ثقل كبير بسبب مكانتها ، مع كل هذا فإننا نأمل أن نكون في وضع يسمح بدعوة أصدقائنا من الولايات المتحدة إلى فرنسا حتى يقدروا كيف أننا أيضا نساهم في هذا التقدم ، الذي يشكل في الحقيقة تحديا لكل العلماء فوق هذا الكوكب .

وبالنسبة لي شخصيا كانت هذه فرصة لاستغلال منصب بارز نابع من النشاط العلمي ، لممارسة التأثير على قطاع مهم من مجتمعنا. ولكن هذه لم تكن الفرصة الوحيدة التي سنحت . فقد ساعدتني علاقتي مع ديك جاروين على أن أبقى عيني دائما تطل على التطورات الخيالية في التسليح النووي فوق كوكبنا . وساهمت معه في ورش عمل عن حرب النجوم ، مع أناس مثل إدوارد تيلر في صقلية بمعمل (إريس) حيث كان هناك عضو آخر من مجموعة تجربة (جى - ٢) وهو أنطونيو زيكتشى، يكرس جزءا من حياته لتنمية مدرسة تعالج كل المشاكل الكوكبية .

دُعيت بعد تلقي جائزة نوبل للانضمام لهيئة تحكيم انتخاب ملكة جمال فرنسا! ورفضت لأسباب ربما تكون تافهة . ودُعيت أيضا للانضمام إلى لجنة عينها رئيس الوزراء لمناقشة مستقبل ترسانة فرنسا النووية . وقبلت ذلك ، ولكني تبينت سريعا كيف أني كنت جاهلا ، وكذلك كان الكثيرون من المشتركين الآخرين في اللجنة . وناقشت الأمر مع جاروين ، وكان أن قررنا، تأليف كتاب يوفر بيانات راسخة للأفراد الذين تقع عليهم مسئولية صنع القرار في التطبيقات المدنية والعسكرية للفيزياء النووية .

وصل كتابنا إلى أن يكون في قائمة أعلى المبيعات في فرنسا. وقد نُشر في الولايات المتحدة في أكتوبر ٢٠٠١ وفي طبعة شعبية في ديسمبر ٢٠٠٢.

كان مما أذهلنى مستوى الخرافات التى تنفّس كالباء فى مجال الإشعاع النووى، حيث كثيرا ما تحل الدعاية الزاعقة مكان التفكير العقلانى . وأدى بنا هذا إلى أن نستمر فى تعاوننا والى أن نطرح تغيير الوحدات التى تستخدم لتقدير مستوى الإشعاع عند السكان . وأعتقد أن بياننا لعرض ذلك ، الذى قدمناه فى يونيو ٢٠٠١ للأكاديمية الفرنسية للطب ، هو مما يستحق أن يُعرض هنا . وهو خطوة من أجل إيضاح المشاكل التى يلاقيها مجتمعنا عند مواجهة تأثيرات التقدم العلمى السريع، وعندما يحتاج إلى مساهمة الفيزيائيين من أجل أن يدرك المجتمع درجات الأحجام المختلفة من المخاطر النسبية لشتى مصادر الطاقة .

فيما يخصنى ، فإنه عندما ضمنى ليون ليدرمان للعمل فى فينيسيا كان فى هذا فرصتى لدخول مجال من الفيزياء المثيرة ، وللوصول إلى منصب أستطيع فيه الاسهام فى التعليم العلمى للأطفال، وربات البيوت، والجنرالات، والأدميرالات بل وحتى الساسة ، كما أستطيع أن أقيم صلات صداقة متينة.

لاريب فى أن تجربة "جى-٢" كانت نجاحا انطلق إلى مدى يتجاوز العدد المحترم من الأرقام العشرية التى أضفناها لقيمة اللحظة المغناطيسية للميون .

ليون ليدرمان

ييشر هاديا

للعلم

جورج أ. "جاي" كيويرث II

فى سنة ١٩٨١ وصل مجتمع فيزياء الطاقة العالية فى الولايات المتحدة إلى حد فاصل . ففى حين كان المعمل القومى لمعجل فيرمى (فيرميلاب) فى حالة ازدهار، لم تكن هناك أى رؤيا كبيرة عن منشأة من الجيل القالى تحل محله ، أو على الأقل لم تكن هناك منشأة من هذا النوع تلقى دعما كثيرا . وكان البعض يرون أن "المنعطف" القالى ينبغى أن يتجه إلى الساحل الشرقى ، أى إلى معمل بروكهافن القومى ، وذلك على الرغم من أن ما يقترحه هذا المعمل هو منشأة تكاد تكون غير متميزة تسمى (أيزوبل) . وحيث أن ستانفورد فى الغرب كان فيها مركز المعجل الخطى لستانفورد (سلاك) ، بينما يوجد فيرميلاب فى الغرب الأوسط ، وهذان المركزان هما آخر ما مُول من المراكز الرئيسية ، فقد رأى البعض أن من العدل أن يتم تمويل (أيزوبل) . فى حين رأى آخرون أن التحديات الاجتماعية التى كانت تجابه (سيرن) كمشروع تعاونى بين دول عديدة أصبحت مما يمكن معالجته ، وبالتالي فإن التعاون الدولى فيه المسار الوحيد إلى المستقبل .

وبصفتى المستشار العلمى الجديد ، والمستشار الذى له اهتمام خاص بالقضية، فقد رتبت أن التقى ذات يوم سبت بالهيئة الاستشارية لفيزياء الطاقة العالية التابعة لوزارة الطاقة وأن يكون اللقاء فى ساحة 'ملعبى' الخاص فى المبنى القديم (للمكتب التنفيذى) . وبالنسبة لى فإن الذكرى الباقية لهذا اللقاء هى أنها لا أقل من أن يكون مفعمة بالتقدير الحقيقى لليون ليدرمان، ولكنها

أيضا لسوء الحظ لم تذهب لما هو أكثر من ذلك ، حيث أنه لم يتم مطلقا أى تحقق للمشروع المطروح للمعجل فائق التوصيل فائق الاصطدام.^(٩)

ليسمح لى القارئ بأن أشرح دور ليدرمان . يجب أولا أن نوضح المنظور السيكولوجى السائد فى ذلك الوقت بعينه . دعنا نتذكر أنه فى أواخر السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين كان التضخم قد أنزل الخراب بميزانيات العلوم . وبالإضافة ، فقد انخفض التفاؤل الأمريكى التقليدى لأدنى حد ، مع وصول اقتصادنا إلى التضخم بأرقام مضاعفة ومع المازق المحرج المؤسى للمواطنين الأمريكىين الذين أخذوا رهائن فى إيران ، وهما قضيتان كانتا تبدوان بلا حل . وهكذا فقد ساد أعضاء الهيئة الاستشارية لفيزياء الطاقة العالية شعور بشك حقيقى بأن تلتزم إرادتنا القومية بإقامة أى منشأة كبرى لفيزياء الطاقة العالية فى الجيل التالى - وهى منشأة سوف تكلف ولاريب بلايين من الدولارات . أما مشروع (أيزوبل) فإنه ربما يستطيع أن يجد طريقة يتسلل من خلالها . وفيما أذكر فإن ليدرمان لم يكن حقا معارضا (لايزوبل)، ولكنه كان يركز بشدة على نوعية المنشأة التى سنحتاجها للإجابة عن الأسئلة التى كانت تخرج وقتها من (فيرميلاب) و(سيرن) . وهكذا فإنه خطط لمشروعه (ديزرترون) وهو مشروع تعاونى كوكبيا ، ليؤدى بالضبط هذا الغرض . كانت استجابتى لأعضاء الهيئة الاستشارية لفيزياء الطاقة العالية هى أن طرحت عليهم أنه إذا صدقت الهيئة على مشروع (ديزرترون) بتمويل واسع من الولايات المتحدة (وقد أصبح المشروع بعدها هو مشروع

(٩) المعجل فائق التوصيل والاصطدام : مشروع لم يتحقق لمعجل ضخم يتكلف ما يقرب من خمسة بلايين دولار وقطره يبلغ ٥٣ ميلا ويستهلك طاقة تزيد عن ٣٠ مليون وات . والهدف منه سبر تركيب المادة فى نطاق أصغر من قطر بروتون نواة الذرة بمائة ألف مرة ، وذلك باستخدام تركيزات طاقة تقارب ما كان موجودا فى كرة الانفجار الكبير عندما كان عمر الكون لايتجاوز ١٠^{-٦} من الثانية . (المترجم)

المعجل فائق التوصيل والاصطدام) وإذا نبذت اللجنة مشروع (أيزوبل) الباهت ، على الرغم من أن فيه 'المنعطف' إلى بروكهافن، فإننى سأبذل عندها كل ما فى وسعى لدعم المشروع الجديد . وقد فعلت .

ثمة أشياء عديدة هنا جديرة بتذكرها . وأحدها أن ليدرمان أبقانا فى حالة تركيز على التفوق العلمى بأن جعلنا لاغير نتابع رؤياه لما سيحتاجه الجيل التالى من الباحثين. ولم يسمح لأى شئ بأن يقف فى الطريق ، وكان على استعداد دائم لأن يفعل ما يتطلبه الأمر ليتحقق . وكان على استعداد للوقوف إزاء نظرائه فى سبيل الأمور التى تتجاوز ايجاد حل وسط . وحتى يواصل السير حسب رؤاه ، كان مستعدا لأن يتصل مباشرة بالناس الذين سيتولون تمويل الماكينة - أى الجمهور الأمريكى.

قبل ذلك الوقت ، كان ما يحدث واقعيا هو أن يُبرر بناء أى معجل جسيمات كبير فى الولايات المتحدة حسب استراتيجيه وضعها إ. أو. لورانس، تحتاج بأن معجلات الجسيمات هى خطوات فى الطريق لشفاء السرطان . أما المعجل فائق التوصيل والاصطدام فهو أضخم حجما وتكلفة مما ينبغى (كما أن علاج السرطان قد اكتسب قدرا كبيرا من قوة دافعة مستقلة بذاتها من غير مساعدة أخرى) وبلغ من ضخامة حجم وتكلفة هذا المعجل أن أصبح من غير الممكن الإعتماد على هذه الإستراتيجية التى كانت قبلها تفلح عند محاولتها . وبينما أخذت أناقش مع اعضاء الهيئة الاستشارية الحاجة إلى ترويج المشروع مباشرة عند الناخبين ، إذا بليون يرتفع مرة أخرى فوق كل خلاف . وبدا لى أنه يرى ذلك ببساطة على أنه أبسط أنواع التحدى: فهو ما دام قد اقتنع بأن المعجل فائق التوصيل والاصطدام هو خطوة حكيمة تتخذها البلاد ، فإن أقل ما يستطيع فعله هو أن يحاول أن يشرح للناس الذين سيدفعون بالفعل تكلفته السبب فى أهميته . والحقيقة أن ليدرمان يستمتع فعلا بأن يشرح للآخرين وخاصة لغير المتخصصين ، أكثر ما يخلب

لله فيما يتعلق بالعلم ومتابعة المعرفة الخالصة . وقد تفهم ليدرمان وقتها أمرا بالغ الروعة . فكتب إلى مجلة "ناشيونال جيوغرافيك" (القومية الجغرافية) مقالا بالغ العجب حول الجمال الخالص لفهم طبيعة المادة تحت الذرية وكيف أنه من الأهمية البالغة لنا أن نواصل هذا المسار من البحث العلمى . وكما مازلت أذكر ، فإن مقاله كان تاليا لمقال خلاب آخر يدور حول استكشاف أعماق المحيط .

منذ الحرب العالمية الثانية يتم دعم الأبحاث الأساسية فى الولايات المتحدة هى ومتابعة المعرفة الخالصة بطريقة فيها ما يضاهى ما كان عليه الفن من أولوية فى عصر النهضة الإيطالى . وفى عهد ما بعد الحرب هذا الذى سادته احترام العلم ، كان هناك أبطال كثيرون استحوذوا على أنظار الجماهير ، ابتداء من أينشتين إلى فيرمى ثم فون نيومان . أما اليوم فليس هناك إلا عددا قليلا جدا من الأبطال فى العلم ، وهكذا فقد قل هذا الدعم للعلم . ونادرا ما يفهم الجمهور الآن الفارق بين التماس المعرفة والتكنولوجيا وبين تطبيق هذه المعرفة . وليس هناك عددا كافيا من العلماء ممن يهتمون بمحاولة توصيل أهمية هذا الفارق . أما ليون ليدرمان فهو على استعداد لأداء ما يتطلبه الأمر لاكتساب " وضع البطولة " ، وأهم من ذلك لاكتساب دعم الجمهور للعلم الخالص . والحقيقة فهو قد يكون الآن أفضل مثل أعرفه لكيفية أداء ذلك كما ينبغى . وأنا ممتن له لأنه ذكرنا بذلك .

ليون ، و (فيرميلاب)،

وأشياء أخرى

الفين تولستروب

أصبح ليون ليدرمان مديرا للمعمل القومي لمعجل فيرمي (فيرميلاب) في ١٩٧٩ . والحقيقة أن لجنة الأمناء كان تريد تعيينه قبلها بعام ولكنهم لم يستطيعوا العثور عليه (كان ينعم بالدفء في شواطئ إيطاليا !). " وعندما عُين قال . "حسن ، ولكني أود أن أجرب المنصب لسنة أولا" . وبالتالي أصبح مديرا مرشحا لفترة ما ، ولكنه عندما أدرك ما تأتي له في منصبه من توفر منبر لا يصدق جعله أفضل بائع يروج للفيزياء ، فإنه قبل الوظيفة بلباقة. كما أنه توفر له أيضا بذلك جمهور مستمعين مفتونين به يمارس عليهم القاء ذخيرته من الفكاهات .

كان ر.ر. ويلسون مؤسس المعمل يعي بشدة ما يمكن أن يكون لهذا المعمل الهائل من تأثير في الجمهور . وكان يدرك أن دعم موضوع مثل فيزياء الطاقة العالية لا يفهمه إلا القلة ، لهو دعم يتأتى عن طريق تمويل من الجمهور ، ويجب أن نجعل هذا الجمهور يحس بجزء من هذا البحث العلمي المثير . هكذا بُنى المعمل ليصمد بارزا. ويتكوّن المبنى الرئيسى من منشأة من ستة عشر طابق فوق الأراضي المنبسطة للسهول الوسطى ، وبهذا يمكن رؤيته على بعد أميال عديدة. وله من ارتفاعه ومعماره ما يدعو الجماهير إلى استكشافه . وترى الأعين فيه نفس هذا النوع من الجاذبية وهو على مدى أقرب ، بسبب ما لأبنيته من ألوان وتنظيم في تصور رائع. وأدى الإبقاء على ما كان يوجد أصلاً من بيوت المزارع ، وقطيع الثيران والتماثيل الكثيرة ، إلى أن يضيف إلى ما للمكان من ملامح جوهريّة تثير الاهتمام. كان ويلسون هو الذى وضع الأساس لذلك .

كان هذا هو المعمل الذى سوف يديره ليون والذى فيه الأداة الكاملة الملائمة له . شمل النقاش عن مستقبلنا كل فرد منا . ولدى ليون ميل للدعابة يمكن أن يتخلل أشد المناقشات حرارة ، كما أن صداقته لكل الأفراد على كل المستويات كانت تتساب للأعماق لتستخرج كل الموارد الثقافية الرائعة التى تكمن فى المعمل . وكان أن ازدهرنا علميا . ولكن هذا موضوع لنقاش فى يوم آخر .

أشرك ليون المعمل منذ أول الأمر فى شئون المجتمع ، وذلك على المستوى المحلى والمستوى القومى معا . ووفرت " فيزياء صباح السبت " علاقة اتصال بين طلبة المدارس الثانوية والعلماء الباحثين . وتبع ذلك المقررات الدراسية لمدرسى الفيزياء فى المدارس الثانوية . ثم بدأ البرنامج الصيفى للطلبة . وبذلت محاولة لبدء معهد لجامعات متعددة لجذب الباحثين ويوفر دارا ثقافية لطلبة الدراسات العليا وما بعد الدكتوراه قرب فيرميلاب . وامتد نشاط ليدرمان إلى أمريكا الجنوبية والمكسيك ودمجها فى شبكته العنكبوتية، ودُعى رجال الحكم ابتداء من أعضاء الكونجرس والوزراء وما دونهم ليحضرُوا لزيارة المعمل ، ووقع الكثيرون منهم فى أسر دفاء ليون ودعاباته ، وكان أن وفروا ما احتجناه كثيرا من دعم فى المستقبل . وأدت جهوده إلى إنشاء مركز ليدرمان للعلم فى فيرميلاب ، وأكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم فى ١٩٨٥ ، وأكاديمية المدرسين للرياضيات والعلم فى ١٩٩٠ .

أستخدم فيرميلاب كمنبر قومى (بل وحتى دولى) للحصول على دعم ليس فحسب للفيزياء وإنما هو دعم أيضا لتعليم العلم . وأمد فيرميلاب بالكثير من الأفراد المطلوبين هكذا لمجموعة العمل العلمية. على أن ليونارد عمل فى كل الأحوال على الحصول على أفضل الناس من خارج المعمل أيضا ووفر لهم ما يحتاجونه من موارد. وأدى ما لديه من دفاء ومرح

وصداقة هو واتصالاته الكثيرة السابق ذكرها إلى أن ينضم الأفراد معا في فرق عمل لها انتاجية خارقة . ولم يكن الأمر أبدا بأسلوب أن "هذا هو ما يجب عليكم فعله"، ولكنه بأسلوب ، "هيا نعثِر على ما نحتاجه، وأين نستطيع الحصول على موارد لنا" . لم يكن ذلك مسار في شارع له اتجاه واحد : وإنما كان المعمل أيضا مكانا فيه إثارة أكبر كثيرا .

أعتقد أن أكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم تجسّد بعضا من أهم أعمال ليون وأكثرها بقاء . من الممكن أن تجرى تجارب الفيزياء ببراعة وفي وقتها المناسب إلا ان ما يحدث عموما هو أنه سرعان ما تغطي عليها الاكتشافات الجديدة . وعلى أى حال، فإن تحريك العمل في هذه المنظمة من المعاهد التي تغذى العقول الشابة للطلبة وتعلمهم الانفعال بالكشوف العلمية وما للعمل من تأثير في المدنية ، كل هذا فيه إمكانيات تجعل له أهمية لمستقبلنا بدرجة أكبر كثيرا من الاكتشافات التي نصنعها في المعمل . على أن ليون قد تفوق في الأمرين ، واستفاد العالم كله من جهوده . وفي وسعنا جميعا أن نتمنى له عيد ثمانينى سعيداً^(١)

هامش :

(١) لن نكون منصفين إذا أهملنا ذكر ليون وفكاهاته. والحقيقة أن مالدیه منها أقل مما يُعتقد عموما . تأتي فكاهاته في ثلاثة أجزاء : التمهيد الذي يقدم الشخصيات ، فالموقف ، ثم أخيرا القفلة اللاذعة . وقد تبينت من ملاحظته طويلا أنه يختزن هذه الأجزاء منفصلة . ثم يقوم بعدها بما يشبه عملية "مزج وتوافق" في متجر ملابس يتاح فيه الكثير من قطع الثياب المختلفة التي يمكن الاختيار منها وجمعها معا حسب ما تتطلبه المناسبة .

ليون ليدرمان

صديق حقيقى

للعلم والتعليم

ألفين و . تريفلبيس

نبتت خبراتى الأولى مع ليون ليدرمان عند تعيينى فى ١٩٨١ كمدير لمكتب أبحاث الطاقة بوزارة الطاقة . وكان ليون فى ذلك الوقت قد عُين حديثاً فحسب كمدير للمعمل القومى لمعجل فيرمى (فيرميلاب) . وعلى الرغم من أنى كنت قد عملت مع ليون فى لجنة للمؤسسة القومية للعلم ، إلا أنى لم أكن أعرفه أحسن المعرفة . وكننتجية لوظيفة كل منا فى ١٩٨١ ، والتى تغيرت فيما بعد ، أصبحت معرفتى بليون وزوجته ايلين وفيرميلاب معرفة وثيقة جدا .

كان هناك لحظات عصيبة معدودة فى علاقتنا ، إلا أننا عموماً قضينا معاً وقتاً مثيراً وصلت من خلاله إلى الاعجاب بليدرمان وتقدير مدى الصعوبة فى إدارة معمل قومى . والواقع أنه ليس من الصعب أن يكون المرء مديراً لمعمل قومى ؛ وإنما هذا فحسب أمر بلا طائل (فكاهة !) ، كما تعلمت لاحقاً بنفسى . ثمة قوى كثيرة لها تأثيرها فى الأمور الممكنة لمعمل قومى ، وثمة ضرورة للنضال من أجل الميزانيات والبرامج . وليس هناك أى مجال فى تدريبنا الاكاديمى أو البحثى نحصل فيه على أى إرشاد للطريقة التى نتعامل بها مع تلك المواقف ، وهى مواقف يبدو كقاعدة أنها تتشأ بمعدل يكاد يكون يومياً . كسر ليدرمان هذا القانون وتفوق كمدير للمعمل .

حدث بعد زمن قصير من بدء عملى فى وزارة الطاقة أن شرع ليدرمان فى عملية لتعليمى ما يتعلق بفيزياء الطاقة العالية . كان يريد التأكد من أنى أدرك أنها أكثر أهمية من أى مجال آخر فى الفيزياء . وكاد ليون أن

يصل إلى اقناعى بذلك. لكنى فيما تلى كان على ان أستمع إلى كل من يعمل كمدير أو عالم أو مهندس فى بعض معمل آخر فى وزارة الطاقة وكل منهم يعطى السبب فى أن مجالا آخر فى الفيزياء أو الكيمياء أو الرياضيات أو علم الكمبيوتر، الخ.، لهو المجال الذى يبدو واضحا أنه أهم من فيزياء الطاقة العالية. وهكذا استمر بى الحال لست سنوات من العمل كمدير لمكتب أبحاث الطاقة .

كان السبب الذى جعل ليدرمان فى المقدمة من هذه المجموعة هو اشتراكنا الوثيق معا أنا وهو فى المجهود الذى بذلناه للحصول على تمويل للمعجل فائق التوصيل والاصطدام . هناك الكثير من الأصدقاء والزملاء الذين أمدوا بالعون فى تأييد قضية هذا المعجل . إلا أنه حتى مع ذلك، كان ليدرمان يبرز كالفرد الوحيد الذى لديه دائما بعض رأى بارع يقترحه قد يكون فيه ما يزيد من فرصة قبول مشروع ذلك المعجل وتمويله . وكانت معظم اقتراحاته ممتازة. ولم يكن هناك من بينها إلا القليل الذى قد يُشك فى قيمته .

كنت قد طرحت عند نقطة معينة أن احدى المشاكل هى أن نشرح لغير العلميين ما تكونه الجسيمات الأولية^(*) ولماذا ينبغى على كل فرد أن يهتم بها. وسألت ليدرمان إن كان هناك أى أفلام فيديو أو وسائل تعليمية تشرح هذا المجال بمصطلحات بسيطة بما يكفى بحيث أننى ربما أستطيع استخدامها فى شرح أقدمه للوزراء أو حتى للرئيس ريجان بما يسبق تقديم أى تقرير يطالب بدعم وتمويل المعجل فائق التوصيل والاصطدام. وأجاب نعم بكل التأكيد ! هناك شريط فيديو من هذا النوع . وكان موضوعه يدور حول قاضى حدث لاغير أنه ضل الطريق فوصل إلى فيرميلاب (وهذا أمر

(*) الجسيمات الأولية جسيمات أساسية فى تكوين ذرة المادة ، مثل الكوارك والبروتون والنيوترون والإلكترون. (المترجم)

محتمل إلى حد كبير) وأخذ يتساءل عما يجرى داخل هذا المبنى المثير للاهتمام الذى يرتفع عاليا فوق البرارى . كان هذا القاضى بعيدا تماما عن الأدوار الرئيسية، وأخذ يلقي بكل الأسئلة المناسبة . وكان فى الشريط ملامح معينة متوازنة اجتماعيا ، وإن كان فيه أيضا شئ ما يبدو وكأنه غير مناسب. وبعد تحقيق صغير مع ليدرمان تكشف أن ذلك "القاضى" كان إما أحد السباكين أو أحد الممثلين . وجعلنى اهتمامى بالصدق حتى فى الإعلان أقترح أن هذه ربما لا تكون أفضل وسيلة توصيل لإنجاز الغرض المقصود . وتناقلت اقتراحات مماثلة مفيدة . وفى النهاية نال مشروع المعجل الموافقة على انشائه^(١٠) . وقد ساعد أفراد كثيرون فى إنجاز هذا الهدف؛ وإن كان البعض قد ساعد أكثر من غيره . وكان ليدرمان واحدا ممن ساعدوا كثيرا .

يتفرد ليدرمان بإيمانه إيمانا ثابتا بقيمة المعرفة وتقانيه فى الاستيثاق من أن هذه المعرفة ستمرر إلى الجيل التالى . وقد انطلق ، بما يعلو ويتجاوز كل ما يمكن توقعه ، من حيث استخدامه لقدراته للاقناع حتى يجعل الناس يتطوعون لتدريس المقررات ، ويوفرون المباني ، وما إلى ذلك . كما استغل اختياره كفائز بجائزة نوبل من أجل التوصل إلى أهداف أخرى لها جدارتها تجعل فى إمكان الأفراد الأصغر سنا التوصل لفرص تتيح لهم تعلم العلم والهندسة .

لما كنا قد اتجهنا فى السنوات القليلة الأخيرة فى اتجاهات منفصلة بعض الشئ، فإنه لم تسنح لنا فرص منتظمة لنقارن ملاحظتنا عن الطريقة التى نزيد بها من أسباب تحسين الفرص للتعليم والتعلم . وإنى لأفتقد ذلك .

بذل ليون ليدرمان ما يجعله أكثر من جدير باكتساب هذه اللحظة من التمتع بالدفع فى ضوء ما يناله من إقرار وإدراك لإنجازاته المرموقة.

(١٠) بعد الموافقة على المشروع أوقف تنفيذه لأسباب مالية . (المترجم)

ختم : عقبات فى طريق تعليم العلم الشامل

ليون م. ليدرمان

يتضمن هذا الكتاب من الحكمة ما يثير الروع ، كما أن الاطراء أمر غير محبب ، ومهمتى فى "الاستجابة" لذلك فيها عنت . ثمة موضوع مشترك، وهو أن الفشل يتكرر كثيرا فى نظام تعليمنا ، الأمر الذى تولد عنه خطاب طنان منمق مثل القول بأننا "قد ارتكبنا وزرا بنزع السلاح التعليمى من جانب واحد" (١٩٨٣) ، أو القول بأنه "بحلول عام ٢٠٠٠ سيكون الطلبة الأمريكيون هم الأوائى فى الرياضيات والعلم" (١٩٨٩) ، أو الحديث عن "قبل أن يتأخر الأمر بأكثر مما ينبغى" (٢٠٠٠) ، أو أن نقول "حتى لا نترك أى طفل متخلفا" (٢٠٠٢) . وهذا الخطاب البلاغى الذى يعدنا بالنتائج هو خطأ لسبب بسيط ، وهو أنه مجرد خطاب بلاغى لم يعقبه قط أى فعل .

بعد أن مرت بى عقود كثيرة محبطة وإن كانت نشطة فى محاولة الارتقاء بتعليم العلم ، أستطيع الآن أن أبدأ بكتابة قائمة للعقبات التى تعوق حل مشكلة خلق نظام تعليمى متفوق فى القرن الحادى والعشرين .

كثيرا ما يُخلط الأمر بين العلم ، والتكنولوجيا ، والاختراع . ويُطرح العلم كنعمة منقذة : جهاز تليفون ، أو محلج قطن (يحول القطن إلى حليجه بقدر أكبر مما يفعله مائة رجل بأيديهم) ، أو محرك بخار . وتُغفل هكذا طبيعة البحث العلمى - أى فن وضع الأسئلة أو فن التماس إجابات عن أسئلة لم تُسأل بعد . ويكاد ألا يحدث أبدا أن يكون من بين أجزاء المنهج الدراسى ما يوضح ما يوجد من أوجه تميز وأوجه اعتماد متبادل بين العلم ،

والتكنولوجيا ، والاختراع - وإن كان هذا مما ينبغي أن يوجد. توفر العناصر الهندسية للطالب جانبا حيويا من المجتمع الحديث . والانتقال من الاختراع إلى التكنولوجيا المؤسسة على العلم ملحق مهم آخر من مما يحدث باستمرار من إعادة تشكيل مجتمعا .

ينبغي أن يُعرض بحماس جمال الطبيعة المبهرة الذي يتكشف لنا كلما تنامي فهمنا . ومن المهم أن نوصل إحساسنا بالروعة ببساطة قوانين الطبيعة . وبسر الطريقة التي تبدو بها الرياضيات منغرس في هذه القوانين . ويستطيع مدرس العلم أن يجدها هنا أرضا مشتركة مع معلمى الفن ، والموسيقى ، والأدب . ويطرح هذا أنه إذا عقدت إجتماعات دورية لمدرسين من كل مجالات التعليم فإن هذا قد يكشف عن وجود صلات ارتباط رقيقة وأخرى ليست جد رقيقة . ثمة أدبيات موجودة عن هذه الصلات وينبغي أن نجعلها موضع انتباه مدرسى المرحلة الثانوية .

لا يُنفق فى تعليم العلم لكل الطلبة الوقت الكافى لمسار العملية، ولا لطريقة عمل العلم ، ولا لقصص من تاريخ العلم ، من أجل أن يعرف الطلبة طريقة ما نعرفه ، وطريقة تصحيح الأخطاء ، وأن هناك حاجة للتشكك وللصراحة ، واحترام الفضول كدافع للفهم.

وكثيرا ما لا يكون عند الوالدين إلا أدنى اهتمام وأقل وقت لبذل الانتباه لجودة التعليم المدرسى الذى يتلقاه أطفالهم.

ومع وجود الفقر ، والجوع ، والصحة السيئة ، ونقص التغذية الجيدة، والصحة ورعاية الأسنان ، والتدريب - كل هذا يجعل الطفل غير "مستعد لأن يتعلم".

وكثيرا ما نجد أيضا أن أطفال الحضر الذين يعيشون فى أحياء الجيتو فى مدننا الضخمة لا ينالون من العائلة الدعم ، والتشجيع، والمساعدة

التي تحفز على بذل الجهد فى التعلم . ويحدث كثيرا جدا أن يكون هناك ضغط من الأتداد يدفع إلى الإتجاه الخطأ.

يمر الطريق من البيت إلى المدرسة خلال أحياء الجيرة . التي قد يكون فيها شوارع وعصابات خطيرة ، والطريق نفسه لا يوصل إلا لمباني مدرسة متهالكة .

أما ما يوجد لدينا من تنوع - ذلك الجانب من المجتمع الأمريكى الذى نفخر به أعظم الفخر - فإنه يواجه المدرس فى حجرة الدراسة بمشاكل لطلبة من صنوف واسعة المدى من الثقافات واللغات. بل وحتى عندما يكون كل التلاميذ من قرية جبلية فى مرتفعات جيانا الجديدة ، سيكون على المدرس أن يعى أن كل طالب هو فرد له أوجه قوة شخصية ، وله مفاهيم خطأ شخصية، وله قدرات إدراكية مختلفة ، بحث أن الدرس من نوع الحجم الواحد كالملابس المطاطة "لن" يكون ملائما للجميع .

توجد المدارس وهى منغرسه فى مجتمعات حيث كل عضو فيها يُعد "خبيرا"، فقد أمضى معظمهم وقتا كبيرا لا يقل إجمالا عن اثنتى عشرة سنة من حياة كل فرد وهو يكتسب خبرته. والمدارس إذن تعاني من ضغط قوى سياسية واجتماعية وثقافية وعرقية يمارسها المجتمع المحيط بالمدرسة . ويجد المرء فيها مجموعات من الوالدين، ورعاة دورى كرة القدم ، والجماعات المجتمعية (منظمة المم المتحدة ، والعصابة الحضرية، وما إلى ذلك) ، واتحادات المدرسين والزمير السياسية - وكلها لديها وجهات نظر قوية جدا . إلا أنها كلها تتفق على أن المدارس فى حاجة إلى حمايتها من الفيزيائيين .

تعجز المدارس الفقيرة عن توفير أجهزة الكمبيوتر ، وتكنولوجيا التعليم، بل وتعجز حتى عن توفير بعض من المواد التعليمية الأساسية بكل معنى الكلمة.

ينبغي ان يكون هدف الجوهر من المنهج العلمى أن يستثير الطلبة ، وأن يجعلهم يتشربون طريقة علمية للتفكير لها مصداقيتها وقوتها خارج مجالات العلم.

نادرا ما تطرح المدارس الثانوية تلك الموضوعات المهمة مثل عمليات التقديرات ، والاستدلال الاحصائي ، والاحتمالات ، إلا أن بعض الإدراك لهذه الأفرع من العلوم ستؤدي إلى إيضاح القضايا والمساعدة على إصدار القرار .

ليس هناك وجود لمناهج دراسية للعلم مفعمة بالمعنى ، ومتماسكة ، وتنساب بلا تقطع . ولا تبذل الكليات إلا انتباها قليلا لإعداد المدرسة الثانوية، والمدارس الثانوية لا تحنى الرأس لتطل على المدارس الإعدادية ، ولا تبذل المدارس الإعدادية أى انتباه للمدارس الابتدائية . وما زال يجرى فى ٩٩ فى المائة من المدارس الثانوية بالولايات المتحدة أن يتم ادخال العلم من خلال بيولوجيا الصف التاسع ، وهذا الإجراء نوع من عقبة تنتمى للقرن التاسع عشر وتقف فى طريق تقدم تعلم العلم.

هناك عقبة خطيرة تعوق أن يتاح للمدرسين المدرّبين جيدا والمجهزين جيدا أن يعملوا تأثيرهم السحرى فى حجراتهم الدراسية ، هذه العقبة هى تلك "القنبلة الجديدة" نسيها التى تسمى "اختبارات المراحل المصيرية" . وصل تطلب المساءلة إلى أن يتضخم الأمر تضخما سريعا بنسبة غير معقولة ، كثيرا ما تؤدي الى أن يجابه المدرس ، والناظر ، والإدارى بصراع بين الارتقاء المهني وبين تعليم طلبتهم. يُعد التقييم عنصرا

حاسما فى التعليم ، ولكنه ينبغى ان يكون منغرسا على النحو الصحيح فى العملية التعليمية كأداة للمدرس ولرجال الإدارة التعليمية . وبالنسبة للوضع الحالى، الذى زاد لسوء الحظ تفاقمه بحركة المعايير ، فإنه يجب أن يحل محله تكتيكات أرق والطف وأكثر بناءية .

وبدلا من وجود أدبيات خاصة لتعليم العلم لها تأثيرها الفعال، فإنه لا يوجد من جانب المدرسين والوالدين والإداريين أى اعتقاد شامل بأن تعليم العلم والرياضيات مهم للطلبة الذين لن يتخذوا منها علمية . ويواصل المدرسون ، ومستشارو التوجيه ، والوالدون ترويج الأسطورة القائلة بأن النساء هن وبعض جماعات الأقليات لا يستطيعون 'أداء' الرياضة والعلم .

ويفتقد عدد بالغ الكثرة من الطلبة أى دافع لدراسة الرياضيات، والعلم، والتاريخ الأوروبى ، أو حتى الدافع للبقاء فى المدرسة بعد الصف العاشر . ونجد أن تنقل الطلبة وإعادة تنظيم المدرسين كثيرا جدا ما يتكرران ويعطلان الأمور.

العمل فى مهنة "المدرس" ليس مما يجذب أفضل وأذكى الطلبة لأن هذه المهنة كما يبدو لا تقدر تقديرا رفيعا فى مجتمعنا ، ولأن ما يوجد من وفرة مفرطة فى اللوائح ومن عقلية نمط "الحجم الواحد المطاط الملائم لكل حجم" يؤديان إلى خلق أى إبداع عند الأفراد الأكثر ذكاء منهم . وثمة مرض متوطن من نقص مدرسى العلم والرياضة. وينال المدرسون تدريبا هزىلا فى محتوى المادة ، بل وكذلك أيضا فى طريقة تعليم الطلبة . يجب الارتفاع بالوضع الاقتصادى والاجتماعى للمدرسين ارتفاعا شديدا . وأخيرا فإن ما يوجد من احتياجات إدارية تشغل عن الانتباه للتدريس يؤدى إلى حدوث تسرب بمعدل ينذر بالخطر . وإذا أخذنا كل الأمور معا ، سنجد أن هناك مشاكل فى الاتضمام للمهنة ، والتدريب ، وفى الإبقاء على المدرسين الجيدين.

الإرتقاء بالمهنة فى مدارس الولايات المتحدة إما غير موجود أو غير كافى. لايتاح للمدرسين الوقت الجدى الكافى للإعداد ، أو للعمل مع المدرسين الآخرين ، أو للحصول على فرص من الإشراف.

وحيث أننا نتناول هنا موضوع التعليم العام للعلم ، فينبغى ألا نتجاهل الكليات والجامعات . كان هناك تقليد قديم فى كليات الفنون العقلية هو اشتراط الحصول على مقرر دراسى فى العلم لمدة سنة ، وكان هذا عادة من نوع مقرر "الصخور لمفتولى العضلات" - وهو مقرر الجيولوجيا (١٠١) المشهور . وهناك جامعات كثيرة لا تشترط الحصول على مقرر علمى جاد ؛ وليس غير قلة منها تصل فى هذا الشرط إلى مستوى ما فى جامعة شيكاغو. فيُشترط فيها الحصول على مقرر من سنتين من العلم مع المعمل اللازم . وللمرء أن يعتقد أن هذا هو الحد الأدنى المطلوب للمتعلم الذى يتخرج من كلية فى القرن الحادى والعشرين . وينبغى ونحن نتحدث عن الجامعات أن نفكر فى أمر المدارس المهنية . فلنفكر فى القضايا التى لها علاقة بالعلم التى تظهر فى القانون : كقضايا مصداقية بصمات الأصابع ، ودنا ، وأجهزة الكشف عن الكذب ؛ وقضايا الاختبارات الوراثية وخصوصية المعلومات فيها. كثيرا ما تتولد قوانين جديدة نتيجة التكنولوجيا الجديدة ، مثل ما يختص بقرصنة الكمبيوتر . كيف يأتى لمدارس القانون "ألا" تضيف شرطا علميا للدراسة فيها ؟ ونستطيع أن ندلى بحجج مماثلة عن مدارس الصحافة والأعمال المالية وأكاديميات الشرطة . نحن نعيش فى عالم حيث تؤدى التكنولوجيا إلى تغيير السلوك فى كل الاتجاهات . وإذا لم يكن المواطن العادى قادرا على استيعاب القضايا الأساسية التى تتناول بالضبط الطريقة التى تؤدى بها التكنولوجيا إلى إدخال أفكار جديدة ، وقيود جديدة ، وفرص جديدة ، كيف سيتمكن هذا الفرد من أن يصنع قرارات متتورة بالمعلومات بصفته مواطنا، وعضوا فى المجتمع ، وأحد المستهلكين ؟

قد أوردنا حتى الآن قائمة للعقبات التى توجد فى التنظيم ، والإدارة ،
والمناهج الدارسية للمدارس والكليات . على أن "المعرفة" بشئون العالم تتدفق
أيضا من التليفزيون والفيديو والسينما والصحف والمجلات والكتب (مثل
كتابنا هذا) - التى تُضم جماعيا تحت عنوان "وسائل الإعلام" . وفى رأى أن
إحدى العقبات الرئيسية فى إنجاز تعلم العلم هى الفشل العام لوسائل الإعلام
فى أن توصل مدى جدارة الأنباء العلمية ، وقيمة الأحداث العلمية وما فيها
من إثارة وأهمية. ويمكننا على وجه صحيح أن نجمع تحت عنوان "مضادات
العلم" ما يحدث فى هذه الوسائل من توصيف ماهو لغو علمى بأنه أخبار، وما
فيها من تمثيلات تكرر للأطباق الطائفة ، ومن الآثار الصحفية حول
مزاعم عن أمور خارقة كلها مما يتعذر تحقيقه علميا . ونحن ندرك أننا
عندما نقدر فشل ورسوب وسائل الاعلام بدرجة من "ضعيف جدا" فإن هذا
لا يشمل بعض استثناءات قيمة ، ولكنها استثناءات تغرق فى فيض من
الإهمال أو مما هو أسوأ من الإهمال - كما يتمثل ذلك فى شبكات التليفزيون.

أعظم كل العقبات ، والتى يخشى الجميع حتى الفيزيائيين المدى الذى
ترتفع إليه وتتعمق به ، هى عقبة مقاومة التغير . ولا أستطيع إلا أن أهز
كتفى عندما أسمع التساؤل عما إذا كان هذا الحال موجودا بأسوأ بين المعلمين
ورجال إدارة التعليم ، وكل أخواتهم وأبناء عموماتهم وعماتهم . من الواضح
أن العلماء يرحبون بالتغيير : تغيير المعتقدات ، وتغيير الأدوات ، وتغيير ما
يفعله المرء وطريقة فعله . ولكن ماذا عن المحامين (الذين يوجهون البصر
وراء لأدلة من أحداث سابقة) ، وماذا عن السياسيين ، والشرطة ،
والشعراء؟ ووجه المفارقة هنا أن المدارس يجب أن تعد خريجي الحادى
والعشرين للتغيير ، الذى تدفع إليه التكنولوجيا المؤسسة على العلم.

كانت نيتى عند بدء هذا الفصل أن أضع قائمة بكل العقبات التى
تقف فى سبيل تشكيل مدارس أفضل - مدارس ملائمة للقرن الحادى

والعشرين - ثم أضع خطوطا عريضة لخطّة شيطانية بارعة للتغلب على كل هذه العقبات . إلا أن تشكيل القائمة كان أمرا يكاد يماثل في صعوبته إجراء مكالمة تليفونية لبلد بعيد أو صعوبة إطفاء الشموع الموقدة فوق كعكة ميلادى الكبيرة ، وهكذا انتهى بى الأمر إلى استنفاد كل قواى .

وباتباع مثل بيير دى فيرمات الرياضى الشهير فى القرن السابع عشر، فإننى أومن بالفعل بأن هناك حولا لكل المشاكل التى وردت فى القائمة؛ والحقيقة أنى بالإشترشاد بمن ساهموا فى هذا الكتاب من زملائى الموقرين ، أجد أن كل هذه الحلول فى متناول يدى ، إلا أنه لا يوجد فى هوامش هذا الكتاب متسعا كافيا لطرحها فيه !

المساهمون

بروس البرتس : رئيس الأكاديمية القومية للعلوم ومدير المجلس القومى للبحوث ، والذراع التنفيذى الرئيسى للأكاديميات القومية للعلم والهندسة . وهو واحد من المؤلفين الرئيسيين لكتاب "البيولوجيا الجزيئية للخلية" الذى وصلت طبعاته الآن للطبعة الرابعة ، ويعد الكتاب الدراسى القائد الذى يتقدم الكتب الدراسية فى هذا المجال ويستخدم على نطاق واسع فى كليات وجامعات الولايات المتحدة . والبرتس ملتزم بالإرتقاء بتعليم العلم وساعد فى تكوين برنامج " مدينة العلم " وهذا برنامج للإرتقاء بتدريس العلم فى المدارس الابتدائية فى سان فرانسيسكو .

مارجورى ج. بارددين: مديرة المكتب التعليمى للمعمل القومى لمعجل فيرمى . وقد عملت فى مجلس أمناء كلية دوباج ورأسته بين ١٩٩٠ و ١٩٩٢ . وعملت فى مجلس التعليم لمنطقة التعليم الثانوى فى بلدية جلينبارد #٨٧ بين ١٩٧٩ و ١٩٨٥ ورأسته من ١٩٨٠ حتى ١٩٨٥ . وقد تلقت فى ١٩٨٤ جائزة مجلس التعليم فى ولاية إلينوى "للمتفوقين" ونالت فى ١٩٨٩ لقب "السيدة القائدة المرموقة فى التعليم" الذى منحته لها جمعية الشابات المسيحيات للضواحي . وتلقت فى ١٩٩٠ جائزة ماكس بيبرمان للخريجين المتميزين التى منحتها المدرسة الثانوية للجامعة فى أوريانا بولاية إلينوى . حصلت بارددين على بكالوريوس فى الرياضيات فى ١٩٦٣ من جامعة مينيسوتا وعلى شهادة تعليمية فى الرياضيات فى ١٩٨٤ من كلية إيلمهيرست فى إيلمهيرست بولاية إلينوى .

روجر بايبي : وصل فى ١٩٩٩ إلى منصب المدير التنفيذى لدراسات منهج العلوم البيولوجية بعد أن عمل لأربع سنوات كمدير تنفيذى لمركز تعليم العلم والرياضيات والهندسة بالمركز القومى للبحوث فى واشنطن العاصمة . وأثناء عمله فى الفترة من ١٩٨٥ إلى ١٩٩٥ كمدير مساعد لدراسات منهج

العلوم البيولوجية ، ساهم بايبي في إنشاء المعايير القومية لدراسة العلم . وكان بايبي الباحث الرئيسى فى دراسات منهج العلوم البيولوجية فيما يتعلق بأربعة برامج للمؤسسة القومية للعلم وهى: برنامج للمدارس الابتدائية عنوانه "العلم من أجل الحياة ومن أجل أن نحيا: تكامل العلم والتكنولوجيا والصحة"؛ وبرنامج للمدارس الإعدادية عنوانه "العلم والتكنولوجيا للمدرسة الإعدادية " ؛ وبرنامج بيولوجيا للمدرسة الثانوية عنوانه "بيولوجيا دراسات منهج العلوم البيولوجية : طريقة تناول انسانية " ، وبرنامج للكليات عنوانه " منظورات بيولوجية " . كتب بايبي على نطاق واسع . وهو مؤلف مشارك فى كتاب دراسى مرموق عنوانه "تدريس العلم للمدارس الثانوية : استراتيجيات الارتقاء بالتعلم العلمى" . وأحدث كتاب له هو "التوصل لتعلم العلم : من الأهداف حتى التطبيقات" . وقد نال فى ١٩٩٨ جائزة "الخدمات المتميزة لتعليم العلم" التى تمنحها الجمعية القومية لمدرسى العلم .

جورج شارباك : عضو الأكاديمية الفرنسية للعلوم وعضو الأكاديمية القومية للبحوث فى الولايات المتحدة . وقد عمل لزمناً طويلاً فى المركز الأوروبى لفيزياء الجسيمات فى جنيف . وتلقى فى ١٩٩٢ جائزة نوبل فى الفيزياء لاختراعه لكشافات الكترونية للجسيمات المؤينة ، وهى تستخدم استخداماً واسعاً فى الفيزياء ، والصناعة ، والبيولوجيا . وهو ملتزم منذ زمن طويلاً بالعمل على الارتقاء بتعلم العلم .

هوارد جاردنر : أستاذ كرسي جون هـ. وإليزابيث أ. هوبز للإدراك والتعليم فى مدرسة الخريجين للتعليم بهارفارد . وهو يشغل أيضاً مناصب أخرى ، كأستاذ منتدب لعلوم النفس فى جامعة هارفارد ، وأستاذ منتدب لعلوم الأعصاب فى مدرسة الطب بجامعة بوسطن ، ورئيس للجنة مشروع هارفارد لتوجيه المسار للصفر . ومن بين ما ناله جاردنر من أوجه تكريم عديدة حصوله على جائزة زمالة ماك آرثر فى ١٩٨١ . وفى ١٩٩٠ كان

أول أمريكي يتلقى جائزة جرومير للتعليم من جامعة لويزفيل. وقد حصل على عشرين درجة شرفية - بما في ذلك درجات من جامعة برنستون ، وجامعة ماك جيل ، والجامعة القومية بأيرلندا ، وجامعة تل أبيب بمناسبة العيد الخمسين لدولة اسرائيل . ومنحته المؤسسة التذكارية لجون س . جوجنهايم الزمالة لعام ٢٠٠٠ .

ريتشارد جاروين : يشغل منصب كبير زملاء فيليب د. ريد للعلم والتكنولوجيا وذلك في مجلس العلاقات الخارجية ، بنيويورك . وقد حصل على درجته في دكتوراه الفلسفة في الفيزياء من جامعة شيكاغو وعمل في فيزياء الجسيمات ، وفي الهيليوم السائل والجامد ، والموصلات الفائقة ، كما توسع في العمل في التكنولوجيا . وهو زميل غير متفرغ في قسم الأبحاث بشركة آي بي إم (IBM) ، كما يعمل أيضا كأستاذ منتدب للفيزياء في جامعة كولومبيا . وقد قضى ما يقرب من نصف وقته للعمل من أجل حكومة الولايات المتحدة في التكنولوجيا والأمن ، وفي مجالات اتسع مداها ابتداء من تكنولوجيا الأسلحة النووية ووصولاً إلى التحكم في الأسلحة ، والاستطلاع بالأقمار الصناعية ومنظومة الموضع الكوكبي . وتلقى في ١٩٩٦ جائزة ر.ف. جونز للتخابر العلمي وقد منحتها له جمعية الولايات المتحدة للمخابرات الأجنبية ، وتلقى من وزارة الطاقة هي والرئيس جائزة إنريكو فيرمي لأبحاثه على الأسلحة النووية والتحكم فيها . وهو عضو في الأكاديمية القومية للعلوم ، والأكاديمية القومية للهندسة ، والمعهد الطبي .

مارجريت جوان جيلر : عالمة فيزياء فلكية ترسم خريطة الكون . وقد أوضحت دراساتها أن المجرات مثل مجرتنا نحن درب التبانة تتبع أنماط ضخمة ، هي أكبر ما نعرف في الطبيعة . ونحن كلما نظرنا لأعمق في الكون ، ننظر لأكثر وراء الزمان. سرعان ما خططت جيلر وزملاؤها لرسم خريطة الكون كما كانت في العصر الوسيط. وهي تأمل أن تعرف كيف

تطورت الأنماط فى الكون القريب . وقد انتجت جيلر فيلمان حول أبحاثها فازا بجوائز وهما : " مكان وجود المجرات " و "مجرات كثيرة جدا ... وزمن قليل جدا" . وجيلر تشغل منصب كبير علماء فى المرصد السميثسونى للفيزياء الفلكية . وهى عضو فى الأكاديمية القومية للعلوم والأكاديمية الأمريكية للفنون والعلوم . وقد تلقت العديد من أوجه التكريم ، بما فى ذلك زمالة ماك آرثر (١٩٩٠ - ١٩٩٥) .

ستيفن جاى جولد (١٩٤١ - ٢٠٠٢) : شغل منصب أستاذ كرسى الكسندر أجاسيز لعلم الحيوان ، وأستاذ الجيولوجيا بجامعة هارفارد ، وأمين قسم باليوننتولوجيا اللاقريات فى متحف هارفارد لعلم الحيوان المقارن . وقد تلقى زمالة مؤسسة ماك آرثر ، وعمل رئيسا للجمعية الأمريكية لتقدم العلم ، وكان عضوا فى الأكاديمية القومية للعلوم . وهو كواحد من أكثر المؤلفين شعبية وشهرة فى عصرنا ، قد جعل البيولوجيا التطورية سهلة الوصول إلى الجمهور العام .

إنورا هاركومب : مساعد مدير مركز التعليم فى جامعة رايس والمديرة لمشروع "نموذج معمل العلم" . وقد حازت على دكتوراه الفلسفة فى الفيزيولوجيا العصبية من جامعة ييل وأجرت أبحاثا على الشبكات العصبية الصغيرة . وتركز أبحاثها الحالية على الطرائق التى يفكر ويتعلم بها الناس وعلى الاوضاع التعليمية التى ترعى التفكير والتعلم فى العلم . وقد درّست هاركومب العلم والتعليم على كل المستويات - فى الابتدائى والثانوى والجامعة . وعملت مديرة "نموذج معمل العلم" منذ بدايته فى ١٩٨٩ . وقد تلقى هذا المشروع لمرتين جائزة "القدوة فى المشاركة" التى يقدمها اتحاد تكساس لتعليم العلم والتكنولوجيا والرياضيات .

دودلى هيرشباخ : تابع البحث العلمى والتدريس قرابة الخمسين عاما ، وذلك أساسا فى جامعة هارفارد ، حيث نال درجته لدكتوراه الفلسفة فى الفيزياء الكيميائية فى ١٩٥٨ . وهو حاليا أستاذ العلم لكرسى فرانك ب. بيرد جونيور بجامعة هارفارد. وقد نالت أبحاثه عن الديناميات الجزيئية للتفاعلات الكيميائية جائزة نوبل فى ١٩٨٦ . وقد درّس موضوعات كثيرة فى مقررات دراسية لطلبة الجامعة وكذلك أيضا للدراسات العليا ، بما فى ذلك الكيمياء العامة للطلبة الجدد وهى الأكثر تحديا فيما خصص له من مهام طيلة العقدين الماضيين . وهو يشارك أيضا فى جهود عديدة للإرتقاء بتعلم العلم فى مرحلة الحضانة - الصف ١٦ وفهم الجماهير للعلم.

ماى جميسون : مؤسسة شركة "بيوسنتينت" (الحس البيولوجى) ، وهى شركة ناشئة للتكنولوجيا الطبية ؛ كما تعمل أستاذة جامعية ؛ وهى مؤسسة "الأرض التى نشترك فيها" ، وهذا مشروع لمعسكر علمى دولى للطلبة فى سن ١٢ إلى ١٦ ، وهى أول امرأة متميزة فى العالم تقوم برحلات فضاء ، وقد عملت لست سنوات كرائدة فضاء فى ناسا . كما عملت 'مديرة للخدمات الطبية للمنطقة' فى سيراليون وليبيريا بين ١٩٨٣ و ١٩٨٥ . والمواد الرئيسية فى رداستها الجامعية هى الهندسة الكيميائية ودراسات أفريقية ودراسات للأمريكيين الأفريقيين ، وهذه المواد قد نورتها بالمعلومات فى التزامها المستمر لأن بالأهمية الحاسمة لتعلم العلم على نحو شامل. وجميسون عضو فى المعهد الطبى وإحدى المشاركات فى "الرواق النسائى القومى للشهيرات" وفى "رواق الجمعية الطبية القومية للمشاهير" ، وحائزة على جائزة كيلبى للعلم ، وانتخبت فى ١٩٩٩ كواحدة من سبع نساء قياديات فى القمة فى اقتراح رئاسى لاستطلاع قومى غير رسمى للأراء ، وهى فى كتابها "العثور على اتجاه الريح" ، تناقش كيف نشأت فى الجهة الجنوبية من شيكاغو وهى تهدف لأن تكون عالمة . وقد ظهرت فى بعض أحداث

"ستارتريك (رحلة النجوم): الجيل التالي" ، وتعيش في هوستون وتهوى القطط .

جورج أ. "جاي" كيويرث II : رئيس مجلس المديرين وكبير للزملاء في مؤسسة التقدم والحرية . عمل من ١٩٨١ إلى ١٩٨٥ كمستشار علمي للرئيس ريجان، وفي الوقت نفسه مديرا لمكتب البيت الأبيض لسياسة العلم والتكنولوجيا . وعمل قبل ذلك مديرا لقسم الفيزياء في المعمل القومي بلاس ألموس . وهو زميل في كل من الجمعية الأمريكية للفيزياء والجمعية الأمريكية لتقدم العلم . ويعمل في مجلس المديرين بشركة هيوليت باكارد وجنرال أتوميكس ، ويعمل كذلك في العديد من الشركات الناشئة للتكنولوجية الرفيعة .

إدوارد و. "روكي" كولب : رئيس مجموعة ناسا/فيرميلاب للفيزياء الفلكية في المعمل القومي لمعجل فيرميلاب . وهو أيضا أستاذ للفلك والفيزياء الفلكية في جامعة شيكاغو. وكولب مؤلف مشارك في كتاب 'الكون المبكر' (مع مايكل تيرنر) ، وهو الكتاب المدرسي المعترف بمكانته عن فيزياء الجسيمات وعلم الكون . وله كتاب للجمهور العام اسمه 'راصدى السماء العميان' (الفائز بجائزة إيمي ١٩٩٦ من الجمعية الأمريكية للعلوم) ، وهو قصة عن الناس والأفكار التي شكلت نظرتنا للكون. ويعمل كولب محاضرا زائرا في هارلو شيبلي ومحاضرا للقرن في الجمعية الأمريكية الفلكية . وقد انتخب بواسطة الجمعية الأمريكية للفيزياء والمؤتمر الدولي لفيزياء الطاقة العالية ليقدّم محاضرات عامة تتواكب مع اللقاءات الدولية عن الفيزياء .

لورانس م. كراوس : أستاذ الفيزياء لكرسي أمبروز سواسي ، وأستاذ الفلك، ورئيس قسم الفيزياء في جامعة "كيس ويسترن ريزيرف" . وهو عالم فيزياء نظرية معروف دوليا وله اهتمامات بحثية واسعة النطاق ، بما في ذلك

الوجه المشترك بين فيزياء الجسيمات الأولية والكونيات ، حيث تتضمن دراساته الكون المبكر ؛ وطبيعة المادة المظلمة^(٢) ، والنسبية العامة ، والفيزياء الفلكية لجسيمات النيوتريـنو. وقد نال درجته في دكتوراه الفلسفة في الفيزياء من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في ١٩٨٢ ، ثم انضم إلى جمعية زملاء هارفارد . وهو زميل بالجمعية الأمريكية للفيزياء والجمعية الأمريكية لتقدم العلم . وقد ألف كراوس ما يزيد عن ١٨٠ إصدارا علميا وستة كتب جماهيرية ، بما في ذلك كتاب "فيزياء ستار تريـك" وهو في قائمة أكثر المبيعات قوميـا.

نيل لين : أستاذ جامعي لكرسى إدوارد أ. وهيرمين هانكوك كيلي بجامعة رايـس، ويشغل مناصب كبير زملاء بمعهد جيمس أ. بيكر III للسياسة العامة، حيث يشارك في شئون سياسة العلم والتكنولوجيا ، ويعمل في قسم الفيزياء والفلك . وقبل عودته إلى جامعة رايـس في يناير ٢٠٠١ ، عمل لين في إدارة كليـنتون مساعدا للرئيس لشئون العلم والتكنولوجيا ومديرا لمكتب البيت الأبيض لسياسة العلم والتكنولوجيا من أغسطس ١٩٩٨ حتى يناير ٢٠٠١ ، وكذلك كمدير للمؤسسة القومية للعلم . وقد تلقى لين الكثير من الجوائز والدرجات الشرفية وهو زميل في الأكاديمية الأمريكية للفنون والعلوم وعضو في عدد من الجمعيات المهنية .

نورمان ج. ليدرمان : يعمل حاليا أستاذا ورئيسا لتعليم الرياضيات والعلم في معهد إلينوى للتكنولوجيا وهو الرئيس السابق للجمعية القومية لأبحاث تدريس العلم. وهو مشهور أساسا بأبحاثه ودراساته عن الارتقاء

^(٢) المادة المظلمة : معظم كتلة الكون تتألف من مادة لا نراها وإن كنا ندرك تأثيرها ، خاصة في الجاذبية، وربما تتكون هذه المادة المظلمة من جسيمات النيوتريـنو أو من غيرها.(المترجم)

بمفاهيم الطلبة والمدرسين عن طبيعة العلم . وقد درس أيضا ما يكون لدى المدرسين، قبل توظيفهم وأثناء عملهم ، من بنى معرفية لمادة الموضوع والبيداجوجيا ، والمحتوى المعرفى البيداجوجى ، وكذلك اهتمامات ومعتقدات المدرسين . وقد ألف ليدرمان أو حرر خمسة كتب وعشرة فصول فى كتب، ونشر ما يزيد على مائة مقال . وهو يؤلف حاليا كتابا عن مناهج التدريس الابتدائى للعلم .

شيرلى مالكوم : رئيسة مديرية برامج التعليم والموارد البشرية بالجمعية الأمريكية لتقدم العلم . وتتضمن المديرية برامج هذه الجمعية فى التعليم ، وأنشطة من أجل الجماعات التى يُبخس تمثيلها ، كما تتضمن الفهم الجماهيرى للعلم والتكنولوجيا. عملت مالكوم رئيسة لمكتب "الفرص العلمية" بالجمعية الأمريكية لتقدم العلم من ١٩٧٩ حتى ١٩٨٩ . وكانت قد عملت بين ١٩٧٧ و ١٩٧٩ مديرة للبرامج فى مديرية تعليم العلم بالمؤسسة القومية للعلم. وشغلت قبلها وظيفة أستاذ مساعد للبيولوجيا بجامعة نورث كارولينا بويلمنجتون ، كما عملت أيضا مدرسة فى المدارس الثانوية .

ستيفانى بيس مارشال: الرئيسة المؤسسة لأكاديمية إلينوى للرياضيات والعلم فى أورورا ، بولاية إلينوى . وعملت قبل ذلك مشرفة على المدارس فى باتافيا، بولاية إلينوى ، وعضوة بالكلية الجامعية بجامعة لويولا. أصبحت مارشال فى ١٩٩٢ رئيسة للجمعية الدولية للإشراف والإرتقاء بالمنهج الدراسى ، وهى أكبر منظمة تعليمية قيادية فى العالم . وقامت بدور مفيد فى إنشاء الاتحاد المالى القومى للمدارس الثانوية المتخصصة فى الرياضيات والعلم والتكنولوجيا ، وعملت كرئيسة تأسيسية له لمدة عامين . وهى تعمل أيضا كمستشارة خاصة ، ومتحدثة رئيسية ، وكاتبة فى قضايا هامة لتحويل مسار التعليم .

والتر إ. ماسى : الرئيس التاسع لكلية مورهاوس ، أكبر معهد قومى للتعليم العالى للرجال . وقد شغل العديد من المناصب الإدارية والأكاديمية ، بما فى ذلك كبير الإداريين وكبير نواب الرئيس للشئون الأكاديمية بجامعة كاليفورنيا ، ومدير المؤسسة القومية للعلم (معينا من الرئيس السابق جورج هـ. و. بوش)، ونائب الرئيس لشئون الأبحاث فى جامعة شيكاغو ، ومدير المعمل القومى لأرجون ، وعميد للكلية وأستاذ بالكامل للفيزياء فى جامعة براون ، وأستاذ مساعد للفيزياء بجامعة إلينوى . ولماسى نشاطه فى العديد من المنظمات ، فقد عمل كرئيس لجنة ورئيس للجمعية الأمريكية لتقدم العلم، ونائب رئيس للجمعية الأمريكية للفيزياء ، والسكرتير السابق للمجلس الاستشارى للطاقة ، وعضو فى المجلس القومى للعلم . وقد عينه مؤخرًا الرئيس جورج دابليو بوش ليعمل فى مجلس مستشارى الرئيس للعلم والتكنولوجيا.

لوردس مونتيجودو: عملت مديرة تنفيذية لأكاديمية المدرسين للرياضيات والعلم منذ ١٩٩٣ . وقبل الانضمام إلى الأكاديمية ، وبعد أن قضت سنة سبتية بطولها فى أبحاث بمشروعات خاصة عن التعليم فى مؤسسة جون د. وكاترين ت. ماك آرثر ، عملت كالنائب الأول لعمدة شيكاغو لشئون التعليم وذلك تحت رئاسة العمدة ريتشارد م. دالى. وقد شغلت مونتيجودو من ١٩٨٤ حتى ١٩٨٩ منصب ناظرة مدرسة ألبرت سابين، التى أصبحت نموذجا لإعادة تشكيل ممارسات التعليم واستطاعت ان توثق الأدلة على ما حدث من مكاسب فى انجازات الطلبة للإيفاء بمعايير الولاية ، مع أنها كانت تخدم مجتمعا فقيرا وله تاريخيا إنجاز متدنئ . وقبل نظارتها ، عملت مونتيجودو مدرسة بالمرحلة الابتدائية فى مدارس شيكاغو العامة .

جوديث رامالى : مساعدة المدير بمديرية التعليم والموارد البشرية بالمؤسسة القومية للعلم . وكانت قبل انضمامها للمؤسسة رئيسة جامعة

فيرمونت . وقبل وصولها لجامعة فيرمونت ، كانت رئيسة وأستاذة قسم البيولوجيا في جامعة الولاية بيبورتلاند، في بورتلاند ، بولاية أوريغون . ورامالى لها اهتمام خاص باصلاح التعليم العالى ولعبت دورا له اهميته فى تخطيط اتحادات للمناطق للنهوض بالتعاون فى التعليم، بما فى ذلك المشاركة الجديدة للتعليم العام بفيرمونت التى ضمت معا مرحلة الحضانة- الصف ١٢ ، وكليات ولاية فيرمونت ، وجامعة فيرمونت فى اتحاد للنهوض بالمشاركات فى مرحلة الحضانة - الصف ١٢ . وقد أسهمت فى دراسة لاستشكاف قومى لتغير طبيعة العمل وقوة العمل ودور التعليم العالى فى برنامج "من المدرسة حتى العمل" . وهى أيضا تلعب دورا قوميا فى استكشاف المسئولية المدنية ودور التعليم العالى فى الارتقاء بالمواطنة الجيدة.

ملفين شوارتز : أستاذ غير متفرغ بجامعة كولومبيا التى تلقى منها درجة التخرج وكذلك أيضا درجات الدراسات العليا . وقد أمضى فيها سبعة عشر عاما حتى انتقل إلى جامعة ستانفورد . وقد عمل كبيرا للموظفين التنفيذيين بشركة 'المسارات الرقمية'، وهى شركة متخصصة فى تأمين إدارة اتصالات البيانات ، وعمل مديرا مساعدا بقسم فيزياء الطاقة النووية والطاقة العالية فى معمل بروكهافن القومى . ونال فى ١٩٨٨ جائزة نوبل بالاشتراك مع ليون ليدرمان وجاك شتاينبيرجر عن اكتشاف ميون النيوتريينو.

شيللا توبياس : أنجرت ما هو فن وعلم بصفة وضعها فى الخارج من المنهج الدراسى. ولما كانت قد درست التاريخ والأدب والسياسة ، فقد تابعت بحث مسألة : ما هو السبب فى أن طلبة الجامعة على الرغم مما لديهم من قدرة وطموح إلا أنهم لا يختارون كما ينبغى دراسة الرياضة والعلم ؟ وأدى بحثها إلى انتاج ستة كتب عن تعليم الرياضيات/العلم فى الكليات ، كما أدى إلى خمسة كتب أخرى . وقد تعلمت فى هارفارد/رادكليف ، ونالت درجات متقدمة فى جامعة كولومبيا وحصلت على ثمان درجات دكتوراه شرفية .

وهي زميلة في الجمعية الأمريكية لتقدم العلم ، وتلقت في ٢٠٠١ جائزة الأبحاث التعليمية من مجلس رؤساء الجمعية العلمية . وكانت في ثمانينيات القرن العشرين عضوا في لجنة "النساء والفيزياء" بالجمعية الأمريكية للفيزياء، وعضوا في وفد "النساء في الفيزياء" الذي أوفدته الجمعية الأمريكية للفيزياء إلى الاتحاد الدولي للعلوم الخالصة والتطبيقية في مارس ٢٠٠٢.

ألفين تولستروب : تخرج من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في ١٩٥٠ وساعد في بناء سنكروتورن^(١) بقوة ١.٢ جى في^(٢) ، الذي استخدم لدراسة الانتاج الضوئي للميزونات. وقد عمل كزميل من المؤسسة القومية للعلم مبكرا في المركز الاوروبي للأبحاث النووية في ١٩٥٨ . وترك منصب الأستاذية في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا في ١٩٧٧ وانضم إلى فيرميلاب حيث رأس مشروع انشاء المغنطيس الفائق التوصل لتيفاترون . وهو أحد قواد المجموعة التي أنشأت كشاف سى. دى. إف الذي اكتشف كوارك القمة في ١٩٩٥ . ونال جائزة ويلسون وتلقى الميدالية القومية للتكنولوجيا في ١٩٨٩ . ومنحه معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا جائزة الخريجين المتميزين في ١٩٩٢ ، وانتخب في الأكاديمية القومية للعلوم في ١٩٩٦ .

جيمس ترينفل : أستاذ كرسى كلارنس ج. روبنسون للفيزياء في جامعة جورج ماسون. وهو قائد مرموق في مجال تعلم العلم ، وشارك في تأليف "قاموس تعلم العلم" وفي تأليف كتاب دراسي واسع الاستخدام عنوانه "العلوم : طريقة تناول تكاملية" . وهو زميل في الجمعية الأمريكية للفيزياء والمنتدى الاقتصادي العالمي. وقد ألف ما يزيد عن خمسة وعشرين كتابا عن العلم

^(١) السنكروترون نوع من معجل السيكلوترون يتزايد فيه المجال المغناطيسى ويتعدل

المجال الكهربائي بحيث تحتفظ الجسيمات المعدلة بمداراتها المستديرة فيه . (المترجم)

^(٢) جى فى هي اختصار جيغا الكترون فولت ، وجيجا تساوى مليار . (المترجم)

موجهة للجمهور العام كما ألف العديد من المقالات للمجلات ، ويعمل فى المجالس الإستشارية لعدد من منظمات الطباعة والإذاعة.

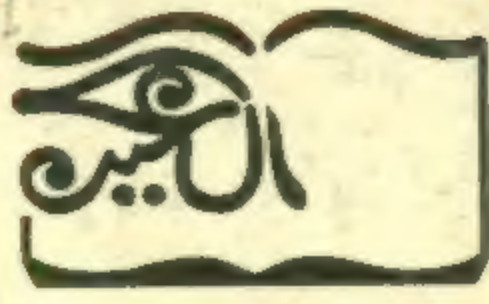
ألفين تريفليبس : عمل مديرا للمعمل القومى فى أوك ريدج من ١٩٨٩ حتى ٢٠٠٠. وعمل قبلها مديرا تنفيذيا للجمعية الأمريكية لتقدم العلم . وكان قد انتقل إلى هذه الجمعية من وزارة الطاقة للولايات المتحدة حيث كان يعمل مديرا لمكتب أبحاث الطاقة . وقد كان تريفليبس نائب رئيس مشارك فى شركة "ساينس أليكستز" (التطبيقات العلمية) ؛ ونائب الرئيس للهندسة والأبحاث فى معامل ماكسويل؛ وأستاذ الفيزياء فى جامعة ماريلاند ؛ وأستاذا بجامعة كاليفورنيا بيركلى ، فى قسم الهندسة الكهربائية . وأثناء إجازة من جامعة ماريلاند عمل فى لجنة الطاقة الذرية للولايات المتحدة مديرا مساعدا للأبحاث فى قسم أبحاث الطاقة النووية - الحرارية المحكومة.

مايكل س. تيرنر : أستاذ كرسى بروس ف. ودانا م. رونر للخدمة الممتازة ورئيس قسم الفلك والفيزياء الفلكية فى جامعة شيكاغو . وهو أيضا يشغل مناصب فى قسم الفيزياء وفى معهد انريكوفيرمى بشيكاغو ، وعضو الهيئة العلمية بالمعمل القومى لمعجل فيرمى (فيرميلاب) . نال تيرنر درجته لبكالوريوس الفيزياء من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا فى ١٩٧١ ودرجته لدكتوراه الفلسفة فى الفيزياء من جامعة ستانفورد فى ١٩٧٨ . وهو زميل فى الجمعية الأمريكية للفيزياء وفى أكاديمية الفنون والعلوم وعضو فى الأكاديمية القومية للعلوم .

وتيرنر عالم فلك تتركز أبحاثه على اللحظات الأولى لتكوين الكون. وهو واحد من رواد مجال المنهج البينى للعلوم الذى جمع معا علماء الكونيات مع علماء فيزياء الجسيمات الأولية . وتدور أبحاثه الحالية حول سر السبب فى أن تمدد الكون تتزايد سرعته ولا تتخفف ، وحول الطاقة المظلمة

التي تسبب تسارع التمدد . وكننتيجة لحت ليون ليدرمان ودافيد شرام ، أنشأ تيرنر هو و إدوارد و. كولب مجموعة فيرميلاب للفيزياء الفلكية النظرية لمتابعة الصلات العميقة بين علمى الفلك وفيزياء الجسيمات الأولية . وقد كتبت هذه المجموعة ايضا الدراسة المعنونة "الكون المبكر".

تشارلز م. فست : الرئيس الخامس عشر لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. وقد أنشأ المعهد تحت قيادته الجديد من البرامج والأشكال التنظيمية للإيفاء بما يناسب الاتجاهات البازغة فى البحث والتعليم ، بما فى ذلك صياغة أشكال جديدة من المشاركة مع الصناعات والمعاهد فى أرجاء العالم كله . وهو قائد مرموق فى جذب الانتباه الجماهيرى الأوسع للقضايا المعنية بالتعليم العالى والأبحاث وفى تعزيز السياسة القومية للعلم والهندسة والتعليم . وهو كعضو فى الأكاديمية القومية للهندسة قد عمل بمجلس مستشارى رئيس الولايات المتحدة فى العلم والتكنولوجيا كما أنه نائب رئيس "مجلس القدرة التنافسية" والرئيس السابق مباشرة لجمعية الجامعات الأمريكية.



تعليم العام

يتناول هذا الكتاب بصفة عامة مشاكل تعليم العلوم الأساسية أي الفيزياء و الكيمياء و البيولوجيا و الرياضيات، كما يتناول بصفة خاصة مشاكل تعليم الفيزياء. وهو يبحث بجوهر مناهج تعليم هذه العلوم و أن الهدف منه لا يقتصر على أن يتعلم الطالب هذه العلوم و إنما أن يعرف أيضا كيف يواصل التعلم طوال حياته بالاعتماد على نفسه، و ذلك عندما يتأسس تعلمه للعلم على التساؤل الحر و الشك و البحث و الممارسة العملية، و ليس على التلقين و الحفظ.

يبين الكتاب أيضا وسائل حل مشاكل تعليم العلم ابتداء من الطالب و المدرس نفسه، ثم المدرسة و فصولها و معاملها و أبنيتها، و وصولا إلى دور كبار العلماء حيث ينبغي أن يشاركوا الطلبة و المدرسين في النقاش و الممارسة للعلم و التعلم. و يتناول الكتاب أيضا مشاكل أخرى مثل انخفاض مستوى التعليم في مدارس الأحياء الفقيرة و المهمشة، و قلة عدد المتعلمين بين فئات معينة مهمة مثل الإناث و المضطهدين لأسباب اقتصادية أو سياسية أو عرقية. و في الكتاب أمثلة كثيرة للخطط و البرامج و المعاهد الحديثة التي أنشئت مؤخرا لعلاج هذه المشاكل و يصلح الكثير منها للتطبيق في البلاد النامية و الراقية معا، مع تقييم لهذه الحلول و ذكر ما فيها من مزايا أو عيوب. و الكتاب لا غنى عنه لأي دولة أو هيئة أو فرد ممن يهتمون حقا بالارتقاء بتعليم العلم.

